



**TUGAS AKHIR - MN 141581**

# **DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN TENAGA GELOMBANG AIR LAUT UNTUK DAERAH PAPUA**

**Bimo Taufan Devara  
NRP 4113100072**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**





---

**TUGAS AKHIR - MN 141581**

**DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN  
TENAGA GELOMBANG AIR LAUT UNTUK DAERAH  
PAPUA**

**Bimo Taufan Devara  
NRP 4113100072**

**Dosen Pembimbing  
Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTEMEN TEKNIK PERKAPALAN  
FAKULTAS TEKNOLOGI KELAUTAN  
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER  
SURABAYA  
2017**



---

**FINAL PROJECT - MN 141581**

## **DESIGN OF WAVE ENERGY POWER PLANT SHIP FOR PAPUA**

**Bimo Taufan Devara**  
**NRP 4113100072**

**Supervisor(s)**  
**Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.**  
**Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.**

**DEPARTMENT OF NAVAL ARCHITECTURE & SHIPBUILDING ENGINEERING**  
**FACULTY OF MARINE TECHNOLOGY**  
**SEPULUH NOPEMBER INSTITUTE OF TECHNOLOGY**  
**SURABAYA**  
**2017**

**LEMBAR PENGESAHAN  
DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK  
MENGUNAKAN TENAGA GELOMBANG AIR LAUT  
UNTUK DAERAH PAPUA**

**TUGAS AKHIR**

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Syarat  
Memperoleh Gelar Sarjana Teknik  
pada  
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

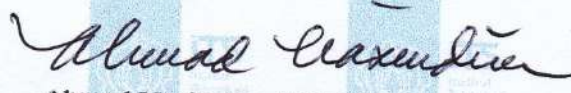
Oleh:

**BIMO TAUFAN DEVARA**  
NRP 4113100072

Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

Dosen Pembimbing II

Dosen Pembimbing I



Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.  
NIP 196761029 200212 1 003



Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001



Mengetahui,  
Kepala Departemen Teknik Perkapalan

Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
NIP 19640210 198903 1 001

SURABAYA, 14 JULI 2017



**LEMBAR REVISI**  
**DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK**  
**MENGGUNAKAN TENAGA GELOMBANG AIR LAUT**  
**UNTUK DAERAH PAPUA**

**TUGAS AKHIR**

Telah direvisi sesuai dengan hasil Ujian Tugas Akhir  
Tanggal 6 Juli 2017

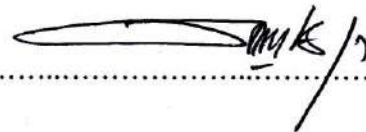
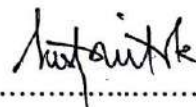
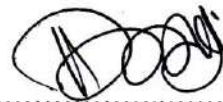
Bidang Keahlian Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal  
Program Sarjana Departemen Teknik Perkapalan  
Fakultas Teknologi Kelautan  
Institut Teknologi Sepuluh Nopember

Oleh:

**BIMO TAUFAN DEVARA**  
NRP 4113100072


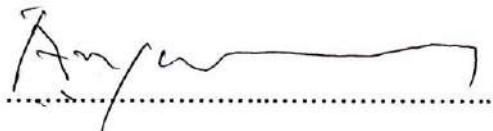
Disetujui oleh Tim Penguji Ujian Tugas Akhir:

1. Dony Setyawan, S.T., M.Eng.
2. Ir. Hesty Anita Kurniawati, M.Sc.
3. Dedi Budi Purwanto, S.T., M.T.



Disetujui oleh Dosen Pembimbing Tugas Akhir:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.



SURABAYA, 14 JULI 2017

Dipersembahkan kepada kedua orang tua atas segala dukungan dan doanya

## KATA PENGANTAR

Puji syukur kepada Tuhan Yang Maha Esa karena atas karunianya Tugas Akhir ini dapat diselesaikan dengan baik.

Pada kesempatan ini Penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada pihak-pihak yang membantu penyelesaian Tugas Akhir ini, yaitu:

1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D. selaku dosen pembimbing I yang telah meluangkan waktu, ilmu, untuk membimbing penulis serta memberikan arahan dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir dan selaku Kepala Departemen Teknik Perkapalan.
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng. selaku dosen pembimbing II yang telah meluangkan waktu, ilmu, untuk membimbing penulis serta memberikan arahan dan masukan selama pengerjaan Tugas Akhir
3. Prof. Ir. Achmad Zubaydi, M.Sc., Ph.D. selaku dosen wali penulis selama menjalani perkuliahan di Departemen Teknik Perkapalan.
4. Ibu, Bapak, Claresta Taufan Kusumarina dan Monika Chandra yang sangat penulis cintai dan sayangi, terima kasih atas kasih sayang, doa dan dukungannya.
5. Keluarga P-53 (SUBMARINE) yang selalu menemani dan mendukung.
6. Dan semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan Tugas Akhir ini, yang tidak dapat penulis sebutkan satu persatu.

Tugas Akhir ini masih jauh dari kesempurnaan, sehingga kritik dan saran yang bersifat membangun sangat diharapkan. Akhir kata semoga laporan ini dapat bermanfaat bagi banyak pihak.

Surabaya, 14 Juli 2017

Bimo Taufan Devara



# DESAIN KAPAL PEMBANGKIT LISTRIK MENGGUNAKAN TENAGA GELOMBANG AIR LAUT UNTUK DAERAH PAPUA

Nama Mahasiswa : Bimo Taufan Devara  
NRP : 4113100072  
Departemen / Fakultas : Teknik Perkapalan / Teknologi Kelautan  
Dosen Pembimbing : 1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

## ABSTRAK

Kondisi kelistrikan di Indonesia belum merata, bahkan untuk wilayah Indonesia bagian Tengah dan Timur, pasokan listrik masih jauh dari cukup. Kondisi ini disebabkan karena beberapa hal, yang salah satunya adalah kurang meratanya pembangunan pada daerah-daerah Indonesia bagian tengah dan timur. Papua adalah provinsi yang memiliki tingkat elektrifikasi terendah di Indonesia dimana dari keseluruhan wilayahnya hanya 47% yang sudah teraliri listrik. Dalam Tugas Akhir ini akan didesain kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut sebagai unit pembantu pada Kota Serui, dengan daya yang dihasilkan adalah 36 MWh. Kebutuhan listrik yang ideal dari Kota Serui adalah sebesar 8,4 MW, sedangkan daya yang telah terpasang adalah 5,6 MW sehingga kekurangan daya adalah sebesar 2,8 MW. Desain kapal pembangkit listrik diawali dengan pemilihan alat-alat pembangkit listrik tenaga gelombang air laut, yaitu *floats*, *inverter* dan baterai. Dibutuhkan dua buah kapal untuk memenuhi seluruh kebutuhan listrik Kota Serui dengan masing-masing menggunakan 18 baterai dengan masing-masing daya sebesar 2 MW dan 20 *floats* dengan masing-masing daya sebesar 0.2 MW. Setelah itu dibuat *Layout* awal untuk mencari ukuran utama awal kapal. Ukuran Utama Kapal yang didapatkan adalah  $L = 95,89$  m,  $B = 18,5$  m,  $H = 5,2$  m,  $T = 3,75$  m. Dari ukuran utama kapal ini bisa dihitung perhitungan teknis, dan dibuat *Lines Plan*, *General Arrangement* dan *3D Modeling*.

Kata kunci: Kapal Pembangkit Listrik, Tenaga Gelombang Air Laut, Papua, Kota Serui

# **DESIGN OF WAVE ENERGY POWER PLANT SHIP FOR PAPUA**

Author : Bimo Taufan Devara

ID No. : 4113100072

Dept. / Faculty : Naval Architecture & Shipbuilding Engineering / Marine Technology

Supervisors : 1. Ir. Wasis Dwi Aryawan, M.Sc., Ph.D.  
2. Ahmad Nasirudin, S.T., M.Eng.

## **ABSTRACT**

Electricity condition in Indonesia as a whole is still spread not evenly, even for the region of Central and Eastern part of Indonesia, the electricity supply is still far from sufficient. This condition is caused by several reason, and one it is the uneven development in the areas of central and eastern Indonesia. Papua is a province that has lowest level of electrivity in Indonesia, as a whole area only have 47% electricity. In this Final Project will be designed Power Plant Ship as an support unit in Serui City, with the generated power is 36 MWh. The ideal electrical needs of the Serui City approximatedly 8.4 MW, while power is 5.6 MW have been installed so that the power shortage is 2,8 MW. Power Plant Ship design begins with the selection item for producing electricity, such as floats, inverter and battery. Needed two ships for fulfilling the power shortage with each ships used 18 battery with each power of 2 MW and 20 floats with each power of 0.2 MW. After that initial layout was made to find the size of the initial main dimension. Main dimension of the vessel is  $L = 95.89$  m,  $B = 18.5$  m,  $H = 5.2$  m,  $T = 3.75$  m. From this main dimension can be calculated technical calculations and made Lines Plan, General Arrangement and 3D Modeling Design.

Keywords: Power Plant Ship, Wave Energy, Papua, Serui.

# DAFTAR ISI

LEMBAR PENGESAHAN .....	iii
LEMBAR REVISI.....	iv
KATA PENGANTAR .....	v
ABSTRAK.....	vii
ABSTRACT .....	viii
DAFTAR ISI .....	ix
DAFTAR GAMBAR.....	xii
DAFTAR TABEL .....	xiii
DAFTAR SIMBOL .....	xiv
Bab I PENDAHULUAN .....	1
I.1.    Latar Belakang Masalah.....	1
I.2.    Perumusan Masalah.....	2
I.3.    Tujuan.....	2
I.4.    Batasan Masalah.....	3
I.5.    Manfaat.....	3
I.6.    Hipotesis.....	3
I.7.    Sistematika Penulisan.....	3
Bab II STUDI LITERATUR .....	5
II.1.    Dasar Teori.....	5
II.1.1.    Jumlah Energi.....	5
II.1.2.    Jumlah <i>Floats</i> .....	5
II.1.3.    Jumlah Baterai .....	5
II.2.    Tinjauan Pustaka .....	5
II.2.1.    Listrik.....	5
II.2.2.    Pembangkit Listrik .....	7
II.2.3.    Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut .....	8
II.2.4.    Kapal.....	12
II.2.5.    Kapal Pembangkit Listrik ( <i>Power Ship</i> ).....	15
II.2.6.    Tinjauan Daerah .....	17
II.2.7.    Teori Desain .....	19
II.2.8.    Tujuan Desain.....	20
II.2.9.    Tahapan Desain .....	20
II.2.9.1 <i>Concept Design</i> .....	20
II.2.9.2 Preliminary Design .....	21
II.2.9.3 Contract Design .....	22
II.2.9.4 <i>Detail Design</i> .....	22
II.2.10.    Metode Desain Kapal.....	23
II.2.10.1 <i>Parent Design Approach</i> .....	23
II.2.10.2 <i>Trend Curve Approach</i> .....	23
II.2.10.3 <i>Iterative Design Approach</i> .....	23
II.2.10.4 <i>Parametric Design Approach</i> .....	24
II.2.10.5 <i>Optimation Design Approach</i> .....	24

II.2.11.	Tinjauan Teknis Desain Kapal .....	24
II.2.11.1	Penentuan Ukuran Utama Dasar .....	24
II.2.11.2	Perhitungan Hambatan Kapal .....	25
II.2.11.3	Perhitungan Berat Baja Kapal .....	25
II.2.11.4	Perhitungan <i>Trim</i> dan Stabilitas .....	25
II.2.11.5	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	27
Bab III	METODOLOGI .....	29
III.1.	Bagan Alir .....	29
III.2.	Proses Pengerjaan .....	30
III.2.1	Pengumpulan Data .....	30
III.2.2	Analisis Data dan Penentuan Parameter Desain .....	30
III.2.3	Pembuatan <i>Layout</i> Awal .....	30
III.2.4	Perhitungan Teknis .....	30
III.2.5	Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum dan 3D .....	31
Bab IV	ANALISIS TEKNIS .....	33
IV.1.	Lokasi Penempatan Kapal Pembangkit Listrik .....	33
IV.2.	Analisis Kebutuhan dan Instalasi Listrik .....	33
IV.3.	Skenario Distribusi Energi Listrik .....	35
IV.4.	Penentuan Jumlah <i>Floats</i> dan Jumlah Baterai .....	36
IV.5.	Penentuan <i>Payload</i> .....	38
IV.6.	Penentuan Ukuran Utama .....	38
IV.7.	Perhitungan Teknis .....	40
IV.7.1.	Perhitungan <i>Froude Number</i> .....	40
IV.7.2.	Perhitungan <i>Coefficient</i> .....	40
IV.7.3.	Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal .....	41
IV.7.4.	Perhitungan <i>Power</i> dan Berat Mesin .....	44
IV.7.5.	Perhitungan Berat Baja Kapal .....	47
IV.7.6.	Perhitungan <i>Freeboard</i> .....	52
IV.7.7.	Perhitungan <i>Trim</i> .....	54
IV.7.8.	Perhitungan Stabilitas .....	56
IV.7.9.	<i>Crew</i> dan Operasional .....	58
IV.8.	Sistem Penambatan ( <i>Mooring</i> ) .....	59
IV.9.	Pembuatan <i>Lines Plan</i> .....	60
IV.10.	Sistem Pengoperasian <i>Floats</i> .....	63
IV.11.	Pembuatan <i>General Arrangement</i> .....	64
IV.12.	Pembuatan Desain 3D .....	65
Bab V	ANALISIS EKONOMIS .....	67
V.1.	Estimasi Biaya Pembangunan .....	67
V.2.	Estimasi Biaya Operasional .....	71
V.3.	Estimasi Harga Listrik .....	73
V.4.	Estimasi Keuntungan Bersih .....	74
V.5.	Estimasi <i>Break Even Point</i> .....	74
Bab VI	KESIMPULAN DAN SARAN .....	77
VI.1.	Kesimpulan .....	77
VI.2.	Saran .....	77
DAFTAR PUSTAKA	.....	79
LAMPIRAN A		
LAMPIRAN B		

LAMPIRAN C  
LAMPIRAN D  
BIODATA PENULIS

## DAFTAR GAMBAR

Gambar I.1 Kondisi Kelistrikan Indonesia .....	2
Gambar II.1 <i>Floats</i> .....	11
Gambar II.2 Oscilating wave surge converter .....	12
Gambar II.3 Peta Papua .....	17
Gambar II.4 Peta Kota Serui .....	18
Gambar II.5 Kondisi Gelombang Di Papua .....	18
Gambar II.6 Diagram Desain Spiral .....	21
Gambar IV.1 Rute Pelayaran .....	33
Gambar IV.2 Inverter Merk ABB .....	34
Gambar IV.3 Baterai Merk Bosch .....	35
Gambar IV.4 Skenario Distribusi Energi Listrik .....	35
Gambar IV.5 Layout awal kapal .....	39
Gambar IV.6 Wartsila 20 8L20.....	46
Gambar IV.7 Caterpillar 429 kWE 18 Acert .....	47
Gambar IV.8 Keadaan <i>trim</i> pada <i>Loadcase</i> 100 .....	54
Gambar IV.9 Keadaan <i>trim</i> pada <i>Loadcase</i> 50 .....	54
Gambar IV.10 Keadaan <i>trim</i> pada <i>Loadcase</i> 10 .....	55
Gambar IV.11 Sistem Penambatan Conventional Buoy Mooring (CBM) .....	60
Gambar IV.12 Tampilan aplikasi maxsurf untuk mendesain kapal.....	60
Gambar IV.13 <i>Input</i> ukuran utama kapal yang akan di desain .....	61
Gambar IV.14 Menentukan sarat kapal dan titik acuan kapal .....	61
Gambar IV.15 Menentukan sarat kapal dan titik acuan kapal .....	62
Gambar IV.16 <i>Lines Plan</i> Kapal Pembangkit Listrik .....	62
Gambar IV.17 Alur Pengoperasian <i>Floats</i> .....	63
Gambar IV.18 <i>General Arrangement</i> .....	65
Gambar IV.19 Desain 3D ketika kapal mengambil energi .....	66
Gambar IV.20 Desain 3D ketika kapal berlayar .....	66



## DAFTAR TABEL

Tabel IV.1 Skenario Distribusi Energi Listrik.....	35
Tabel IV.2 Spesifikasi <i>Floats</i> pada Wavestar Energy .....	36
Tabel IV.3 <i>Payload</i> .....	38
Tabel IV.4 Rekapitulasi berat kapal .....	52
Tabel IV.5 Hasil Perhitungan <i>Trim</i> .....	55
Tabel IV.6 Hasil perhitungan Stabilitas <i>Loadcase</i> 10 .....	57
Tabel IV.7 Hasil perhitungan Stabilitas <i>Loadcase</i> 50 .....	57
Tabel IV.8 Hasil perhitungan Stabilitas <i>Loadcase</i> 100 .....	57
Tabel IV.9 <i>Marine crew</i> .....	58
Tabel IV.10 <i>Non-marine crew</i> .....	59
Tabel V.1 Biaya Pembangunan .....	67
Tabel V.2 Biaya Operasional.....	72
Tabel V.3 Estimasi Keuntungan Bersih .....	74
Tabel V.4 Estimasi <i>Break Even Point</i> .....	74

## DAFTAR SIMBOL

L	= Panjang kapal (m)
Loa	= <i>Length overall</i> (m)
Lpp	= <i>Length perpendicular</i> (m)
Lwl	= <i>Length of waterline</i> (m)
T	= Sarat kapal (m)
H	= Tinggi lambung kapal (m)
B	= Lebar keseluruhan kapal (m)
H	= Tinggi keseluruhan kapal (m)
Vs	= Kecepatan dinas kapal (knot)
V <sub>max</sub>	= Kecepatan maksimal kapal (knot)
Fn	= <i>Froude number</i>
Rn	= <i>Reynolds number</i>
C <sub>B</sub>	= Koefisien blok
C <sub>p</sub>	= Koefisien prismatic
C <sub>m</sub>	= Koefisien midship
C <sub>wp</sub>	= Koefisien <i>water plane</i>
$\rho$	= Massa jenis (kg/m <sup>3</sup> )
g	= Percepatan gravitasi (m/s <sup>2</sup> )
$\Delta$	= <i>Displacement</i> kapal (ton)
$\nabla$	= <i>Volume displacement</i> (m <sup>3</sup> )
LCB	= <i>Longitudinal center of bouyancy</i> (m)
VCG	= <i>Vertical center of gravity</i> (m)
LCG	= <i>Longitudinal center of gravity</i> (m)
LWT	= <i>Light weight tonnage</i> (ton)
DWT	= <i>Dead weight tonnage</i> (ton)
R <sub>T</sub>	= Hambatan total kapal (N)
WSA	= Luasan permukaan basah (m <sup>2</sup> )
$\nu$	= Koefisien viskositas kinematik (m <sup>2</sup> /s)
$\beta$	= Faktor interferensi hambatan gesek
$\tau$	= Faktor interferensi hambatan gelombang
C <sub>w</sub>	= Koefisien hambatan gelombang
C <sub>F</sub>	= Koefisien hambatan gesek
C <sub>T</sub>	= Koefisien hambatan total
$\eta$	= Koefisien dari efisiensi
EHP	= <i>Effectif horse power</i> (hp)
THP	= <i>Thrust horse power</i> (hp)
DHP	= <i>Delivered horse power</i> (hp)
BHP	= <i>Brake horse power</i> (hp)

# **BAB I**

## **PENDAHULUAN**

### **I.1. Latar Belakang Masalah**

Listrik merupakan elemen penting dalam kelangsungan hidup manusia, terutama di zaman yang modern ini. Indonesia sebagai negara berkembang masih memiliki daerah-daerah yang kekurangan listrik, beberapa daerah bahkan tidak memiliki listrik sama sekali. Pada tahun 2015, rasio elektrifikasi Indonesia berjumlah 87,4%. Hal tersebut berarti bahwa 12,6% wilayah Indonesia belum teraliri listrik. Berdasarkan data kementerian ESDM, terdapat 4 provinsi di Indonesia yang memiliki rasio elektrifikasi dibawah 70%. Provinsi-provinsi dengan rasio elektrifikasi paling rendah tersebut secara berturut-turut adalah Papua, Nusa Tenggara Timur (NTT), Sulawesi Tenggara dan Kalimantan Tengah. Bila dihitung dari jumlah desa, terdapat 12.659 desa dari total 82.190 desa di seluruh Indonesia yang belum mendapatkan listrik dengan baik. Bahkan, sebanyak 2.519 desa diantaranya belum teraliri listrik sama sekali, sebagian besar di Indonesia Timur. (Detik, 2016).

Papua adalah daerah dengan pembangunan yang paling tertinggal di Indonesia. Tantangan terbesar dalam melistriki wilayah Papua diantaranya adalah terbatasnya infrastruktur transportasi yang menyebabkan tingginya biaya operasi seperti biaya angkut bahan bakar yang jauh lebih besar dari harga rupiah per *kilowatt hour*. Disamping itu, kondisi geografis yang berupa hutan dan pegunungan juga menjadi alasan sulitnya akses kelistrikan. Di Papua, terdapat 14 kota/ kabupaten dengan 110 desa yang belum berlistrik sama sekali. Selain 110 desa tersebut, masih banyak desa-desa dan daerah pelosok yang listriknya hanya hidup enam jam, delapan jam dan 12 jam. Semuanya hanya hidup dibawah 24 jam. (BBC Indonesia, 2016).

Berdasarkan survei yang dilakukan oleh Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi (BPPT) dan pemerintah Norwegia sejak tahun 1987, terdapat banyak daerah di Indonesia yang berpotensi sebagai sumber tenaga gelombang air laut, diantaranya adalah sepanjang pantai selatan Pulau Jawa, sebelah barat Pulau Sumatera dan laut di sekitar Pulau Papua. Tinggi gelombang laut yang dianggap potensial untuk menjadi pembangkit listrik adalah 1,5 m sampai 2 m dan gelombang tersebut tidak pecah sampai daerah pantai.



Sumber: [www.kompasiana.com](http://www.kompasiana.com)

Gambar I.1 Kondisi Kelistrikan Indonesia

Berdasarkan data-data tersebut, penggunaan tenaga gelombang air laut sebagai sumber tenaga listrik akan menjadi solusi yang efektif apabila di aplikasikan pada daerah Papua mengingat laut pada daerah Papua memiliki tinggi gelombang yang potensial.

## I.2. Perumusan Masalah

Sehubungan dengan latar belakang di atas permasalahan yang akan dikaji dalam Tugas Akhir ini adalah:

1. Bagaimana mendapatkan kapasitas daya yang sesuai?
2. Bagaimana menentukan ukuran utama kapal pembangkit listrik?
3. Bagaimana menentukan perhitungan teknis dari kapal pembangkit listrik?
4. Bagaimana membuat desain rencana garis (*Linesplan*) dari kapal pembangkit listrik?
5. Bagaimana membuat desain rencana umum (*General Arrangement*) dari kapal pembangkit listrik?
6. Bagaimana membuat desain 3D kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut yang sesuai?

## I.3. Tujuan

Tujuan dari penulisan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui kebutuhan listrik di Kota Serui.
2. Untuk menentukan ukuran utama kapal kapal pembangkit listrik.
3. Untuk menentukan kapasitas dari kapal pembangkit listrik yang dibutuhkan.

4. Untuk membuat desain rencana garis (*Linesplan*), desain rencana umum (*General Arrangement*) dan desain 3D dari kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut.

#### **I.4. Batasan Masalah**

Adapun batasan masalah dalam tugas akhir ini antara lain:

1. Masalah teknis (desain) yang dibahas hanya sebatas *concept design*.
2. Tidak membahas detail konstruksi
3. Tidak membahas instalasi penyaluran listrik dari kapal pembangkit listrik ke daratan.
4. Kota yang dijadikan studi kasus adalah Kota Serui

#### **I.5. Manfaat**

Dari Tugas Akhir ini, diharapkan dapat diambil manfaat sebagai berikut:

1. Secara akademis, diharapkan hasil pengerjaan Tugas Akhir ini dapat membantu menunjang proses belajar mengajar dan turut memajukan khazanah pendidikan di Indonesia.
2. Secara praktek, diharapkan hasil dari Tugas Akhir ini dapat berguna sebagai referensi pengadaan dan desain Kapal pembangkit listrik yang sesuai, untuk distribusi listrik pada daerah-daerah kekurangan listrik di Indonesia, khususnya Papua.

#### **I.6. Hipotesis**

Kapal pembangkit listrik dengan menggunakan tenaga gelombang air laut dapat dibuat di Indonesia, dibangun sesuai dengan regulasi atau peraturan dan dapat menjadi solusi dari kurangnya distribusi listrik di Indonesia, terutama pada daerah Papua.

#### **I.7. Sistematika Penulisan**

Sistematika penulisan laporan Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

##### **BAB I. PENDAHULUAN**

Bab ini menjelaskan tentang latar belakang penelitian yang akan dilakukan, perumusan masalah serta batasan masalahnya, tujuan yang hendak dicapai dalam penulisan Tugas Akhir ini, manfaat yang diperoleh, dan sistematika penulisan laporan.

## BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bab ini berisikan tinjauan pustaka yang menjadi acuan dari penelitian Tugas Akhir. Dasar-dasar teori, informasi daerah pelayaran serta persamaan-persamaan yang digunakan dalam penelitian Tugas Akhir tercantum dalam bab ini.

## BAB III. METODOLOGI PENELITIAN

Bab ini berisi tahapan metodologi dalam menyelesaikan permasalahan secara berurutan dimulai dari tahap pengumpulan data dan studi literatur, hingga pengolahan data untuk analisis lebih lanjut yang nantinya akan menghasilkan sebuah kesimpulan guna menjawab perumusan masalah yang sudah ditentukan.

## BAB IV. ANALISIS TEKNIS

Bab ini merupakan inti dari penelitian yang dilakukan. Pada bab ini akan dibahas mengenai proses mendapatkan ukuran utama kapal yang sesuai serta memenuhi persyaratan. Kemudian dilanjutkan dengan tahap perencanaan desain rencana garis, rencana umum dan *3D modeling* kapal sesuai dengan ukuran utama tersebut dan peraturan-peraturan yang berlaku

## BAB V. ANALISIS EKONOMIS

Bab ini berisi pembahasan mengenai proses penentuan harga dalam pembangunan kapal.

## BAB VI. PENUTUP

Bab ini berisikan kesimpulan yang didapatkan dari proses penelitian yang dilakukan serta memberikan saran perbaikan untuk penelitian selanjutnya.



## BAB II

### STUDI LITERATUR

#### II.1. Dasar Teori

##### II.1.1. Jumlah Energi

Untuk menentukan jumlah energi, digunakan rumus:

$$E = P \times t$$

(II.1)

E = energi yang dihasilkan

P = daya yang dibutuhkan

t = lama waktu yang dibutuhkan

##### II.1.2. Jumlah *Floats*

Untuk menentukan jumlah *floats* yang dibutuhkan, digunakan rumus:

$$E = P_f \times n_f \times t$$

(II.2)

$n_f$  = jumlah *floats*

$P_f$  = daya yang dihasilkan oleh satu *floats*

##### II.1.3. Jumlah Baterai

Untuk menentukan jumlah baterai yang dibutuhkan untuk menyimpan energi listrik, digunakan rumus sebagai berikut:

$$E_b = P_b \times n_b$$

(II.3)

$E_b$  = energi yang dihasilkan oleh baterai

$P_b$  = daya yang dihasilkan oleh baterai

$n_b$  = jumlah baterai yang dibutuhkan

#### II.2. Tinjauan Pustaka

##### II.2.1. Listrik

###### II.2.1.1 Pengertian Listrik

Listrik adalah rangkaian fenomena fisika yang berhubungan dengan kehadiran dan aliran muatan listrik. Listrik menimbulkan berbagai macam efek, seperti petir, listrik statis, arus listrik dan induksi elektromagnetik. Adanya listrik juga dapat menimbulkan dan

menerima radiasi elektromagnetik, seperti gelombang radio. Listrik juga disebut daya atau kekuatan yang ditimbulkan oleh adanya gesekan atau melalui proses kimia, dapat digunakan untuk menghasilkan panas atau cahaya, atau untuk menghasilkan listrik.

Listrik dihasilkan dari sumber listrik melalui proses pembangkitan listrik. Listrik memiliki sifat yang tetap pada benda yang dapat diukur. Terdapat dua jenis muatan listrik, yaitu positif dan negatif. Muatan yang sejenis akan mengalami gaya saling menolak, sedangkan muatan yang berbeda jenis akan mengalami gaya tarik menarik. Besarnya gaya menarik dan menolak ini ditetapkan oleh hukum Coulomb. Jenis listrik dibedakan menjadi dua, yaitu listrik statis dan listrik dinamis. Listrik statis adalah energi yang dikandung oleh benda yang bermuatan listrik, muatan listrik tersebut dapat positif maupun negatif. Sedangkan, listrik dinamis adalah listrik yang bisa bergerak. Jenis listrik inilah yang digunakan untuk menggerakkan mesin yang menggunakan energi listrik.

#### **II.2.1.2 Arus Listrik**

Arus listrik adalah banyaknya muatan listrik yang disebabkan dari pergerakan elektron-elektron, mengalir melalui suatu titik dalam sirkuit listrik tiap satuan waktu. Arus listrik dapat diukur dalam satuan Coulomb/detik atau Ampere. Contoh arus listrik dalam kehidupan sehari-hari berkisar dari yang sangat lemah dalam satuan mikro Ampere seperti di dalam jaringan tubuh hingga arus yang sangat kuat 1-200 kilo Ampere (kA) seperti yang terjadi pada petir.

Dalam kebanyakan sirkuit arus searah dapat diasumsikan resistansi terhadap arus listrik adalah konstan sehingga besar arus yang mengalir dalam sirkuit bergantung pada voltase dan resistansi sesuai dengan hukum Ohm. Arus listrik merupakan satu dari tujuh satuan pokok dalam satuan internasional. Satuan internasional untuk arus listrik adalah Ampere (A). Secara formal satuan Ampere didefinisikan sebagai arus konstan yang, bila dipertahankan, akan menghasilkan gaya sebesar  $2 \times 10^{-7}$  Newton/meter di antara dua penghantar lurus sejajar, dengan luas penampang yang dapat diabaikan, berjarak 1 meter satu sama lain dalam ruang hampa udara.

Arus listrik bisa dibedakan menjadi dua jenis yaitu AC dan DC. Arus AC (*Alternating Current*), adalah listrik yang besar dan arusnya berubah-ubah dan bolak-balik. Sebagai contoh arus listrik AC adalah listrik dari PLN. Kemudian arus DC (*Direct Current*), yaitu arus listrik searah dan tidak bolak-balik. Jenis arus listrik ini kebanyakan digunakan pada peralatan

seperti komputer, TV, radio dll. Arus listrik DC memiliki kutub positif dan negatif, dan arus listrik ini bisa disimpan dalam bentuk baterai.

## **II.2.2. Pembangkit Listrik**

### **II.2.2.1 Proses Pembangkitan Listrik**

Proses pembangkitan listrik adalah mengubah energi mekanik yang dihasilkan oleh mesin penggerak *generator* menjadi energi listrik oleh *generator* sinkron. Di mana mesin penggerak *generator* ini bisa berupa mesin thermal, yaitu mesin yang mendapat energi dari proses pembakaran bahan bakar seperti mesin diesel atau turbin air/angin, yang di mana energi didapat dari energi alam seperti aliran air atau angin untuk memutar turbin (Marsudi, 2005).

Dari dua bagian besar ini (*thermal* dan *non-thermal*) dapat dikelompokkan menjadi beberapa jenis yaitu :

#### **A. Pembangkit Listrik *Thermal***

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Panas Bumi (PLTP).
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Diesel (PLTD).
- 3) Pembangkit Listrik Tenaga Uap (PLTU); Batu bara, gas alam dan minyak.
- 4) Pembangkit Listrik Tenaga Gas (PLTG).
- 5) Pembangkit Listrik Tenaga Gas dan Uap (PLTGU).
- 6) Pembangkit Listrik Tenaga Nuklir (PLTN).

#### **B. Pembangkit Listrik *Non Thermal***

- 1) Pembangkit Listrik Tenaga Air (PLTA).
- 2) Pembangkit Listrik Tenaga Angin.(PLTAngin)
- 3) Pembangkit Listrik Tenaga Surya (PLTS)
- 4) Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Laut (PLTGL)

### **II.2.2.2 Generator**

*Generator* adalah sebuah alat yang memproduksi energi listrik dari sumber energi mekanik, biasanya dengan menggunakan induksi elektromagnetik. Proses ini dikenal sebagai pembangkit listrik. *Generator* mendorong muatan listrik untuk bergerak melalui sebuah sirkuit listrik eksternal, tapi *generator* tidak menciptakan listrik yang sudah ada di dalam kabel lilitannya. Hal ini bisa dianalogikan dengan sebuah pompa air, yang menciptakan aliran air tapi tidak menciptakan air di dalamnya. Sumber energi mekanik bisa berupa

resiprokat maupun turbin mesin uap, air yang jatuh melalui sebuah turbin maupun kincir air, mesin pembakaran dalam, turbin angin, engkol tangan, energi surya atau matahari, udara yang dimampatkan, atau apa pun sumber energi mekanik yang lain.

*Generator* AC berfungsi untuk merubah tenaga mekanis menjadi tenaga listrik arus bolak-balik. *Generator* ini sering disebut juga sebagai *alternator*, *generator* AC (*alternating current*), atau *generator* sinkron. Dikatakan *generator* sinkron karena jumlah putaran rotornya sama dengan jumlah putaran medan magnet pada *stator*. Kecepatan sinkron ini dihasilkan dari kecepatan putar rotor dengan kutub-kutub magnet yang berputar dengan kecepatan yang sama dengan medan putar pada stator. Mesin ini tidak dapat dijalankan sendiri karena kutub-kutub rotor tidak dapat tiba-tiba mengikuti kecepatan medan putar pada waktu sakelar terhubung dengan jala-jala.

*Generator* arus bolak-balik dibagi menjadi dua jenis, yaitu:

- a. *Generator* arus bolak-balik 1 fasa
- b. *Generator* arus bolak-balik 3 fasa

### **II.2.3. Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut**

#### **II.2.3.1 Pengertian Gelombang Air Laut**

Gelombang air laut adalah pergerakan naik turunnya air dengan arah tegak lurus permukaan air laut yang membentuk kurva/ grafik sinusoidal. Gelombang laut disebabkan oleh angin yang mengirimkan energinya ke perairan. Hal ini menyebabkan bentuk riak-riak dan bukit (Holthuijsen, 2007).

Gelombang laut merupakan bentuk permukaan laut yang berupa punggung atau puncak gelombang dan palung atau lembah gelombang oleh gerak ayun (*oscillatory movement*) akibat tiupan angin, erupsi, gunung api, pelongsoran dasar laut, atau lalu lintas kapal. Gelombang laut memiliki dimensi berupa periode gelombang, panjang gelombang, tinggi gelombang dan cepat rambat gelombang (Sunarto, 2003).

Periode gelombang (T) adalah waktu tempuh di antara dua puncak atau dua lembah gelombang secara berurutan pada titik yang tetap (satuan detik). Panjang gelombang (L) adalah jarak horizontal antara dua puncak atau dua lembah yang berurutan (satuan meter). Tinggi gelombang (H) adalah jarak vertikal antara puncak gelombang dan lembah gelombang (satuan meter). Cepat rambat gelombang (C) adalah kecepatan tempuh perjalanan suatu gelombang, yang dapat diperoleh dengan pembagian panjang gelombang (L) dengan periode gelombang (T) atau  $C=L/T$ . Gelombang laut timbul karena adanya gaya pembangkit yang

bekerja pada laut. Gelombang yang terjadi di lautan dapat diklasifikasikan menjadi beberapa macam berdasarkan gaya pembangkitnya. Gaya pembangkit berasal dari angin, gaya tarik menarik antara bumi, bulan dan matahari atau yang disebut dengan gelombang pasang surut dan gempa bumi (Nichols et al, 2009).

Ketinggian dan periode gelombang bergantung kepada panjang *fetch* pembangkitnya. *Fetch* adalah jarak perjalanan tempuh gelombang dari awal pembangkitnya. *Fetch* dibatasi oleh bentuk daratan yang mengelilingi laut. Semakin panjang *fetch*, maka ketinggian gelombang akan semakin besar. Angin juga mempunyai pengaruh yang penting pada ketinggian gelombang. Angin yang lebih kuat akan menghasilkan gelombang yang lebih besar.

Gelombang yang menjalar dari laut dalam (*deep sea*) menuju ke pantai akan mengalami perubahan bentuk karena adanya kedalaman laut. Apabila gelombang bergerak mendekati pantai, pergerakan gelombang di bagian bawah yang berbatasan dengan dasar laut akan melambat. Ini adalah akibat dari gesekan antara air dan dasar laut. Sementara itu, bagian atas gelombang di permukaan air akan terus melaju. Semakin gerak gelombang menuju ke pantai, puncak gelombang akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin tajam dan lembahnya akan semakin datar. Fenomena ini yang menyebabkan gelombang tersebut pecah.

Ada dua tipe gelombang bila dipandang dari sisi sifat-sifatnya yaitu gelombang pembentuk pantai (*constructive wave*) dan gelombang tidak membentuk pantai (*deconstructive wave*). Yang termasuk gelombang pembentuk pantai adalah mempunyai ketinggian kecil dan cepat rambatnya rendah. Saat gelombang pecah di pantai, material yang terangkut akan tertinggal di pantai yaitu ketika aliran balik dari gelombang pecah meresap ke dalam pasir atau pelan-pelan sedimen akan mengalir kembali ke laut. Gelombang yang sifatnya tidak membentuk pantai biasanya mempunyai ketinggian dan kecepatan rambat yang besar. Air yang kembali berputar mempunyai lebih sedikit waktu untuk meresap ke dalam pasir. Ketika gelombang datang kembali menghantam pantai akan ada banyak volume air yang terkumpul dan mengangkut material pantai menuju ke tengah laut atau ke tempat lain (Sumber: <http://www.kajianpustaka.com/2016/01/teori-gelombang-laut.html>).

#### **II.2.3.2 Penggunaan Gelombang Air Laut Sebagai Sumber Tenaga Listrik**

Air laut merupakan energi alternatif yang dapat digunakan untuk kelangsungan hidup manusia, salah satunya sebagai sumber tenaga untuk membangkitkan listrik. Air bersifat tidak

akan habis. Air bersifat tidak akan habis. Hal ini menyebabkan air laut dapat dijadikan sumber tenaga untuk jangka waktu yang lama.

Energi gelombang laut merupakan energi kinetik yang terdapat gelombang laut yang digunakan untuk menggerakkan turbin. Gelombang laut yang naik ke dalam ruang generator menekan udara keluar dari ruang generator dan menyebabkan turbin berputar. Ketika air turun, udara bertiup dari luar ke dalam ruang generator dan memutar turbin kembali. Terdapat dua cara yang dapat digunakan dalam mengkonversi energi gelombang laut menjadi listrik, yaitu dengan sistem *off-shore* (lepas pantai) atau *on-shore* (pantai).

Sistem *off-shore* (lepas pantai) dirancang pada kedalaman 40 meter dengan mekanisme kumparan yang memanfaatkan pergerakan gelombang untuk memompa energi. Listrik dihasilkan dari gerakan relatif antara pembungkus luar (*external hull*) dan bandul dalam (*internal pendulum*). Naik-turunnya pipa pengapung di permukaan yang mengikuti gerakan gelombang berpengaruh pada pipa penghubung yang selanjutnya menggerakkan rotasi turbin bawah laut. Cara lain untuk menangkap energi gelombang laut dengan sistem *off-shore* adalah dengan membangun sistem tabung dan memanfaatkan gerak gelombang yang masuk ke dalam ruang bawah pelampung sehingga timbul perpindahan udara ke bagian atas pelampung. Gerakan perpindahan udara inilah yang menggerakkan turbin.

Sedangkan pada sistem *on-shore*, ada 3 metode yang dapat digunakan, yaitu *wave surge*, *float system*, dan *oscillating water column system*. Secara umum, pada prinsipnya, energi mekanik yang tercipta dari sistem-sistem ini mengaktifkan generator secara langsung dengan mengirim gelombang fluida (air atau udara penggerak) yang kemudian mengaktifkan turbin generator. Pada dasarnya prinsip kerja teknologi yang mengkonversi energi gelombang laut menjadi energi listrik adalah mengakumulasi energi gelombang laut untuk memutar turbin *generator*. Karena itu, sangat penting memilih lokasi yang secara topografi memungkinkan akumulasi energi.

- *Floats*

Penggunaan *floats* sebagai media untuk mendapatkan energi listrik dari tenaga gelombang air laut dalam pengembangan di Denmark melalui Wave Star Energy Machine. Wave Star Energy Machine merupakan teknologi pembaharuan energi yang digagas oleh Niels dan Keld Hansen pada tahun 2000 di Hanstholm, Denmark. Niels dan Keld membuat sebuah teknologi pembangkit tenaga listrik dalam bentuk sebuah platform yang memiliki 20 *floats* dengan 10 *floats* pada masing-masing sisi platform. *Floats* ini berbahan *Fiberglass Reinforced Plastic* (FRP) dengan diameter sebesar 5 m dan ditopang oleh lengan sepanjang



10 m. Lengan pada *floats* dapat digerakan secara otomatis dengan cara yang sama seperti proses gerakan pada *crane*. Rata-rata berat dari satu buah *floats* adalah sebesar 80 ton.

Wave Star Energy Machine bertujuan untuk menghasilkan energi listrik yang didapat dengan mengkonversi energi kinetik dari gelombang. Gelombang ditangkap melalui *floats* yang bergerak mengapung mengikuti gelombang secara vertikal dan rotasional. Gerakan ini memompa sebuah pompa hidrolik yang menggerakkan *generator* dan menghasilkan tenaga listrik. Pompa hidrolik ini merupakan penyambung antara *generator* dengan lengan *floats*.



Sumber: [www.wavestarenergy.com](http://www.wavestarenergy.com)

Gambar II.1 *Floats*

- Kolam air yang berosilasi

*Oscilating Water Column* (OWC) merupakan salah satu sistem dan peralatan yang dapat mengubah energi gelombang laut menjadi energi listrik dengan menggunakan kolom osilasi. Alat OWC ini akan menangkap energi gelombang yang mengenai lubang pintu OWC, sehingga terjadi fluktuasi atau osilasi gerakan air dalam ruang OWC, kemudian tekanan udara ini akan menggerakkan baling-baling turbin yang dihubungkan dengan generator listrik sehingga menghasilkan listrik. Pada teknologi OWC ini, digunakan tekanan udara dari ruangan kedap air untuk menggerakkan *whells turbine* yang nantinya pergerakan turbin ini digunakan untuk menghasilkan energi listrik. Ruangan kedap air ini dipasang tetap dengan struktur bawah terbuka ke laut. Tekanan udara pada ruangan kedap air ini disebabkan oleh pergerakan naik-turun dari permukaan gelombang air laut.

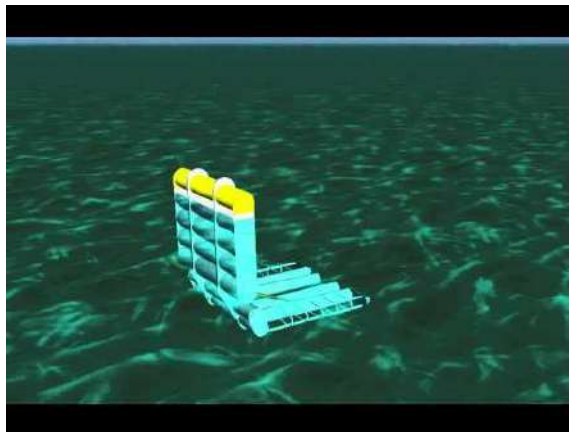
Gerakan gelombang di dalam ruangan ini merupakan gerakan compresses dan gerakan decompresses yang ada di atas tingkat air di dalam ruangan. Gerakan ini mengakibatkan, dihasilkannya sebuah alternating streaming kecepatan tinggi dari udara. Aliran udara ini didorong melalui pipa ke turbin generator yang digunakan untuk menghasilkan listrik. Sistem OWC ini dapat ditempatkan permanen di pinggir pantai atau bisa juga ditempatkan di tengah

laut. Pada sistem yang ditempatkan di tengah laut, tenaga listrik yang dihasilkan dialirkan menuju transmisi yang ada di daratan menggunakan kabel.

Dalam menghitung besarnya energi laut, hal pertama yang dilakukan adalah mengetahui ketersediaan akan energi gelombang laut. Total energi gelombang laut dapat diketahui dengan menjumlahkan besarnya energi kinetik dan energi potensial yang dihasilkan oleh gelombang laut tersebut. Energi potensial adalah energi yang ditimbulkan oleh posisi relatif atau konfigurasi gelombang laut pada suatu sistem fisik. Bentuk energi ini memiliki potensi untuk mengubah keadaan objek-objek lain di sekitarnya., contohnya konfigurasi atau gerakannya (University of Michigan, 2008).

- *Wave surge*

Peralatan ini biasa disebut dengan kanal meruncing. Peralatan ini dipasang pada sebuah struktur kanal yang dibangun di pantai untuk mengkonsentrasikan gelombang, membawanya ke dalam kolam penampung yang ditinggikan. Air yang mengalir keluar dari kolam penampung ini yang digunakan untuk membangkitkan listrik dengan menggunakan teknologi standar *hydropower*.



Sumber: <https://www.youtube.com/watch?v=fDpJ6zMPt1E>

Gambar II.2 *Oscilating wave surge converter*

## **II.2.4. Kapal**

### **II.2.4.1 Definisi Kapal**

Kapal adalah kendaraan pengangkut penumpang dan barang di laut, seperti halnya sampan atau perahu yang lebih kecil. Kapal biasanya cukup besar untuk membawa perahu yang lebih kecil, seperti sekoci. Sedangkan dalam istilah pada bahasa inggris, dipisahkan antara *ship* yang lebih besar dan *boat* yang lebih kecil. Secara kebiasaannya kapal dapat membawa perahu tetapi perahu tidak dapat membawa kapal. Ukuran sebenarnya di mana

sebuah perahu disebut kapal selalu ditetapkan oleh undang-undang dan peraturan atau kebiasaan setempat.

Definisi kapal diatur dalam UU No 17 tahun 2008 Pasal 1 Ayat 36 yang berbunyi, “Kapal adalah kendaraan air dengan bentuk dan jenis tertentu, yang digerakkan dengan tenaga angin, tenaga mekanik, energi lainnya, ditarik atau ditunda, termasuk kendaraan berdaya dukung dinamis, kendaraan di bawah permukaan air, serta alat apung dan bangunan terapung yang tidak berpindah-pindah”. Dalam hal ini, dapat disimpulkan bahwa *platform* dan bangunan lepas pantai merupakan jenis kapal juga.

#### **II.2.4.2 Jenis-Jenis Kapal**

Berdasarkan jenis kapalnya, secara umum, kapal dibedakan menjadi:

- Kapal perang
- Kapal dagang
- Kapal penumpang
- Kapal *tourism*
- Kapal eksplorasi
- Kapal ikan
- 1. Kapal Perang:
  - Kapal Penyerang
  - Kapal Pengangkut Pasukan
  - Kapal Pengangkut Logistik
  - Kapal Patroli
  - Kapal Pendarat
- 2. Kapal Dagang:
  - Kapal *Tanker*
  - Kapal *General Cargo*
  - Kapal *Container*
  - Kapal *Bulk Carrier*
- 3. Kapal Penumpang:
  - Kapal *Fast Passenger*

- Kapal Perintis
  - Kapal Penyebrangan
  - Kapal Ro-ro (*Roll on and Roll off*)
4. Kapal *Tourism*:
- Kapal Restoran Terapung
  - Kapal *Resort*
  - Kapal *Yacht*
  - *Sightseeing Ship*
5. Kapal Eksplorasi:
- *Dredger*
  - *Power Ship*
  - *Pipeline Ship*
  - AHTS (*Anchor Handling Tug and Supply*)
6. Kapal Ikan
- Kapal *Trawl*
  - Kapal Pengangkut Ikan
  - Kapal *Pursein*
  - Kapal *Gillnet*

Sedangkan, apabila dibedakan berdasarkan jumlah lambung, kapal dibedakan menjadi:

1. *Monohull*
2. *Catamaran*
3. *Trimaran*

#### **II.2.4.3 Stabilitas Kapal**

Tiga syarat utama dari sebuah kapal bisa dikatakan baik adalah kapal yang memiliki kekuatan, stabilitas dan mobilitas yang baik (Manning, 1968). Jadi setiap kapal yang dibangun harus memperhatikan aspek stabilitas secara mendalam. Keseimbangan statis berhubungan dengan gaya statis yang terjadi pada kapal. Sementara dalam arti yang luas keseimbangan adalah gaya secara keseluruhan, di mana tidak melibatkan percepatan atau

perlambatan, sehingga bisa dikatakan bahwa benda yang diam memiliki keseimbangan statis. Dan jika benda tersebut diganggu oleh gaya yang berasal dari luar, kemudian benda tersebut bergerak dari posisi awalnya, dan kembali pada posisi awal jika gaya luar tersebut dihilangkan, maka benda tersebut bisa disebut memiliki stabilitas yang baik. Hal ini juga berlaku pada kapal yang mengalami kemiringan karena gaya ombak dan bisa kembali ke posisi tegak, maka kapal tersebut bisa dikatakan memiliki stabilitas yang baik. Dilain pihak, jika suatu benda dikenai gaya dari luar dan terus bergerak tanpa bisa kembali ke posisi awal maka bisa dikatakan bahwa benda tersebut memiliki keseimbangan yang tidak stabil. Begitu juga dengan kapal yang tidak stabil, kapal akan miring karena diakibatkan sedikit gaya dari luar dan kapal terus mengalami kemiringan tanpa bisa tegak bahkan terbalik. Kapal yang memiliki keseimbangan awal yang tidak stabil biasanya akan miring sampai pada titik keseimbangan kapal tersebut karena perubahan bentuk badan kapal di bawah air.

## **II.2.5. Kapal Pembangkit Listrik (*Power Ship*)**

### **II.2.5.1 *Power Plant Ship***

Kapal pembangkit listrik adalah kapal yang memiliki sumber tenaga listrik yang diletakkan pada kapal. Kapal pembangkit listrik bertujuan untuk mengalirkan listrik pada daerah-daerah yang dituju, biasanya pada daerah-daerah terpencil yang kekurangan listrik dan kekurangan infrastruktur. Kapal pembangkit listrik biasanya memiliki sistem penggerak sendiri untuk memudahkan mobilitasnya dalam mengirimkan listrik-listrik. Tetapi, Terdapat juga jenis kapal pembangkit listrik yang tidak memiliki sistem penggerak sendiri. Kapal pembangkit listrik jenis ini biasanya dipakai apabila kapal tersebut hanya mengaliri listrik pada satu daerah saja. Pada kapal jenis tersebut, dalam mobilitasnya menggunakan kapal bantu, biasanya berupa kapal *tugboat*. Kapal pembangkit listrik jenis ini disebut dengan *floating power plant* atau *barge mounted power plant*. Kapal pembangkit listrik dapat menggunakan satu atau lebih turbin, tergantung pada kebutuhannya.

Kapal pembangkit listrik dapat menggunakan berbagai macam sumber tenaga, diantaranya melalui tenaga uap, tenaga gas, tenaga nuklir, tenaga surya, tenaga arus air laut dan tenaga gelombang air laut. Gelombang air laut dirasa mampu menjadi salah satu solusi terbaik dalam membangkitkan listrik karena desain dan proses konversi listrik yang sederhana namun tetap mampu menghasilkan tenaga listrik yang besar. Salah satu kapal pembangkit listrik pertama di dunia adalah kapal SS *Jaconda* yang dibangun pada tahun 1931 oleh Newport News, Virginia Shipyard and Drydock Company. Alasan pembangunan kapal pembangkit

listrik pada saat itu adalah penyebaran tenaga listrik untuk daerah Augusta, Maine terganggu karena badai pada musim dingin. SS Jacona menggunakan tenaga uap dengan dua generator yang masing-masing dapat menghasilkan 10.000 kW. Dalam dunia militer, kapal pembangkit listrik pertama kali dibuat oleh angkatan laut Amerika Serikat pada tahun 1942. Kapal yang dipakai bernama Saranac yang pada mulanya merupakan kapal perang yang kemudian dikonversi menjadi kapal pembangkit tenaga listrik untuk keperluan tenaga listrik angkatan laut Amerika Serikat pada Perang Dunia II.

Pada awal tahun 2000-an, pembangunan *floating power plant* mulai dipacu dengan sebuah *power barge* bertenaga 220 MW yang digunakan di India. Di Indonesia, PLN pernah memiliki kapal serupa dengan kapasitas 10, 5 MW yang berjasa menangani masalah kelistrikan di beberapa daerah seperti Bali dan Kalimantan. Saat ini, kapal tersebut sudah menjadi monumen di Aceh karena terserak Tsunami pada tahun 2004.

#### **II.2.5.2 Perbandingan Antara Dibangun di Darat dan di Laut**

Pada pembangunan sebuah pembangkit tenaga listrik, perlu diperhatikan beberapa hal seperti besarnya pembangkit yang akan dibangun, ketersediaan lahan, kemudahan akses, kondisi infrastruktur daerah dan waktu pembangunan dari pembangkit listrik tersebut.

Beberapa poin diatas merupakan poin-poin yang harus diperhatikan dalam pembangunan sebuah pembangkit listrik, dan pemilihan pada pembangunan di darat atau di laut. Berikut adalah keuntungan dari pembangunan pembangkit listrik di laut atau pembangkit listrik terapung.

Pada pembangkit listrik di laut, berikut adalah keuntungannya:

- Pembangunannya yang mudah
- Mampu menggunakan peralatan berat tanpa memperhitungkan berat totalnya
- Biaya perawatan yang tidak terlalu tinggi, karena biaya hanya terfokus pada perawatan peralatan pembangkit listrik
- Bisa dibangun sebesar-besarnya, asalkan tersedia lahan

Keuntungan dari pemakaian pembangkit listrik terapung antara lain adalah :

- Mampu menyediakan suplai listrik pada area dengan infrastruktur minim
- Merupakan aset yang dapat bergerak, memungkinkan untuk dipindah atau dijual
- Tidak membutuhkan area yang luas, sehingga bisa meminimalisir adanya sengketa lahan dengan penduduk pemilik lahan



- Tidak bergantung pada kualitas tanah, sehingga memungkinkan untuk ditempatkan dimana saja
- Mampu menyediakan suplai listrik yang stabil saat banjir atau gempa bumi
- Pembangunan yang relatif cepat, karena dibangun di tempat lain selagi dilakukan pembebasan lahan

## II.2.6. Tinjauan Daerah

### II.2.6.1 Provinsi Papua

Papua merupakan provinsi terluas di Indonesia. Pulau Papua adalah pulau terluas kedua di dunia dan merupakan yang terluas di Indonesia. Total Area pada wilayah Papua adalah 808.105 km<sup>2</sup>. Batas utara pada provinsi ini adalah Samudera Pasifik, batas barat adalah Kepulauan Maluku, batas timur adalah Papua Nugini dan batas selatan adalah Samudera Hindia, Laut Arafuru, Teluk Carpentaria dan Australia. Pada tahun 2016, Papua menjadi provinsi di Indonesia dengan rasio elektrifikasi terendah, yaitu dibawah 70%.



Sumber: [www.tabloidjubi.com](http://www.tabloidjubi.com)

Gambar II.3 Peta Papua

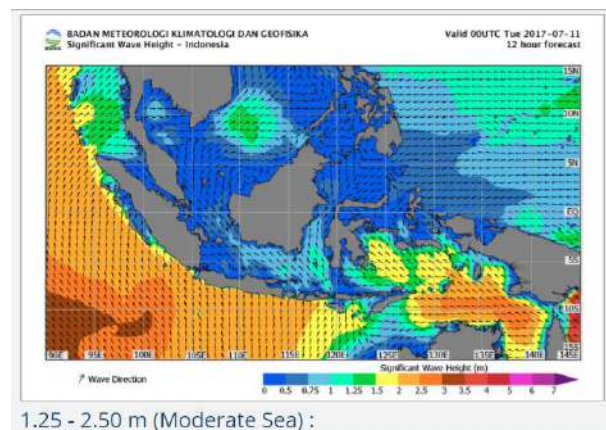
### II.2.6.2 Serui

Serui adalah sebuah Kota di Papua. Merupakan ibu kota dari Kabupaten Kepulauan Yapen yang terletak di distrik Yapen Selatan. Mempunyai jumlah penduduk 24.290 jiwa (2000). Serui memiliki julukan yaitu *kota kembang*, karena memiliki wanita-wanita papua yang sangat cantik. Serui memiliki beberapa tempat wisata seperti pantai mariadei,

sarwandori, pantai mioka, air terjun mantenbu, tanjung lobang dan beberapa pulau kecil yang bisa di singgahi.



Sumber: [www.kibata.com](http://www.kibata.com)  
Gambar II.4 Peta Kota Serui



Sumber: [www.bmkg.go.id](http://www.bmkg.go.id)  
Gambar II.5 Kondisi Gelombang Di Papua

### II.2.6.3 Kondisi Perairan

Wilayah Papua terletak pada daerah Laut Halmahera, yang dimana daerah perairan ini bisa dikatakan cukup tenang, dimana menurut laporan prakiraan tinggi gelombang rata-rata kecepatan anginnya adalah sekitar 3-15 knot dan tinggi signifikan gelombangnya 1.50 - 2.00 meter.

### II.2.6.4 Kondisi Kelistrikan

Kondisi kelistrikan di wilayah Papua masih sangat kurang, dari keseluruhan wilayahnya sebagian besar masih belum teraliri listrik. Bahkan beberapa daerah yang sudah teraliri listrik sekalipun masih mengalami pemadaman dikarenakan pasokan listrik yang kurang. Penyebab kurangnya pasokan listrik ini antara lain adalah karena kurangnya jumlah

pembangkit listrik yang ada, penyebaran listrik yang hanya berpusat pada daerah perkotaan atau ibukota kabupaten, terbatasnya infrastruktur transportasi yang menyebabkan tingginya biaya operasi seperti biaya angkut bahan bakar yang jauh lebih besar dari harga rupiah per kilo watt hour. Disamping itu, kondisi geografis yang berupa hutan dan pegunungan juga menjadi alasan sulitnya akses kelistrikan. Di Papua, terdapat 14 kota/ kabupaten dengan 110 desa yang belum berlistrik sama sekali. Selain 110 desa tersebut, masih banyak desa-desa dan daerah pelosok yang listriknya hanya hidup enam jam, delapan jam dan 12 jam. Semuanya hanya hidup dibawah 24 jam (BBC Indonesia, 2016). Berikut adalah data rasio elektrifikasi tiap kecamatan:

Tabel II. 1 Kapasitas Pembangkit Terpasang

Sistem	Jenis	Kapasitas Terpasang (MW)	Daya Mampu (MW)	Beban Puncak (MW)
Jayapura	PLTD	100.5	66.1	69.0
Genyem	PLTD	14.7	1.9	1.2
Wamena	PLTD, PLTM	7.3	3.6	4.5
Timika	PLTD	28.8	19.8	18.9
Biak	PLTD	21.0	12.5	10.7
Serui	PLTD	8.4	5.6	4.5
Merauke	PLTD	17.7	17.5	16.4
Nabire	PLTD	34.5	15.6	13.4
Lisdes Tersebar	PLTD, PLTS	13.9	10.0	7.3
Total		246.9	152.4	145.9

Sumber: RUPTL PLN 2016-2025

### II.2.7. Teori Desain

Klasifikasi desain dibedakan menjadi dua berdasarkan latar belakangnya, pertama “*invension*” yang merupakan eksploitasi dari ide-ide asli untuk menciptakan suatu produk baru, yang kedua adalah “*inovation*” yaitu sebuah pembaruan atau rekayasa desain terhadap sebuah produk yang sudah ada (Atmoko, 2008). Proses mendesain kapal adalah proses berulang, yaitu seluruh perencanaan dan analisis dilakukan secara berulang demi mencapai hasil yang maksimal ketika desain tersebut dikembangkan. Desain ini digambarkan pada

desain spiral. Dalam desain spiral membagi seluruh proses menjadi 4 tahapan yaitu: *concept design*, *preliminary design*, *contract design*, dan *detail design*.

#### **II.2.8. Tujuan Desain**

Dalam proses awal mendesain kapal diperlukannya tujuan, misi dan kegunaan kapal yang akan dibangun yang digunakan sebagai arahan bagi seorang desainer kapal dalam menentukan pilihan-pilihan yang rasional ketika mendesain. Selain itu juga diperlukannya data permintaan pemilik kapal (*owner requirement*) seperti tipe atau jenis kapal, daerah pelayaran, kecepatan, muatan dan kapasitas dari kapal.

Data yang diperoleh dari pihak *owner* ini, yang akan diterjemahkan dan diolah oleh designer menjadi sebuah data kompleks yang cukup untuk digunakan dalam pembangunan dan pengoperasian kapal tersebut.

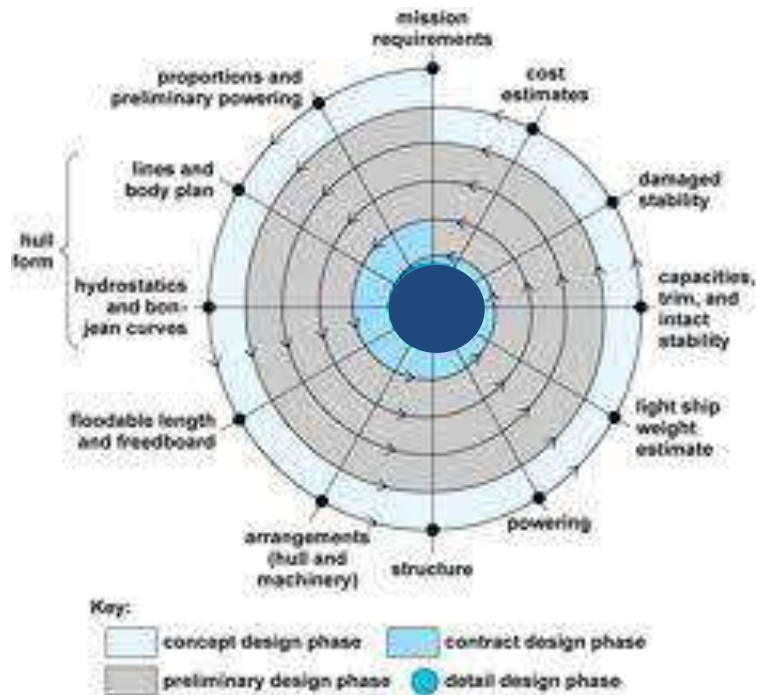
Dalam proses mendesain kapal diperlukannya batasan-batasan desain. Selain dari batasan desain dari permintaan pemilik kapal, desainer harus mengatur batasan-batasan untuk desain itu sendiri, seperti batasan waktu dan biaya.

#### **II.2.9. Tahapan Desain**

Pada umumnya proses desain dan pembangunan kapal menggunakan metode spiral desain, atau inovasi terhadap sebuah desain kapal yang sudah ada sebelumnya, dengan melakukan rekayasa desain untuk mendapatkan desain yang lebih optimal. Berikut adalah uraian tahapan-tahapan desain sebuah kapal.

##### **II.2.9.1 Concept Design**

Konsep desain kapal merupakan tahap lanjutan setelah adanya *Owner design requirement* di mana konsep desain juga merupakan *basic design* dalam proses desain kapal. Konsep desain kapal adalah tugas atau misi designer untuk mendefinisikan sebuah objek untuk memenuhi persyaratan misi dan mematuhi seperangkat kendala



Sumber: [www.marinewiki.org/images/Ship\\_design\\_spiral.jpg](http://www.marinewiki.org/images/Ship_design_spiral.jpg)

Gambar II.6 Diagram Desain Spiral

Konsep bisa dibuat dengan menggunakan rumus pendekatan, kurva ataupun pengalaman untuk membuat perkiraan-perkiraan awal yang bertujuan untuk mendapatkan estimasi biaya konstruksi, biaya permesinan kapal dan biaya perlatan serta perlengkapan kapal. Hasil dari tahapan konsep desain ini biasanya berupa gambar atau sketsa secara umum, baik sebagian ataupun secara lengkap.

### II.2.9.2 Preliminary Design

Tahapan yang kedua dalam proses desain adalah *preliminary design*. *Preliminary design* adalah usaha teknis lebih lanjut yang akan memberikan lebih banyak detail pada konsep desain. Dalam hubungannya dengan desain spiral, *preliminary design* ini merupakan iterasi kedua atau bisa dikatakan lintasan kedua pada desain spiral. Adapun yang dimaksud detail meliputi fitur-fitur yang memberikan dampak signifikan pada kapal, termasuk juga pendekatan awal biaya yang akan dibutuhkan. Contoh dari penambahan detail adalah perhitungan kekuatan memanjang kapal, pengembangan bagian *midship* kapal, perhitungan yang lebih akurat mengenai berat dan titik berat kapal, sarat, stabilitas, dan lain-lain.

### II.2.9.3 Contract Design

Pada tahap *contract design* merupakan tahap lanjutan setelah *preliminary design*. Pada tahapan ini merupakan tahap pengembangan desain kapal dalam bentuk yang lebih mendetail yang memungkinkan pembangun kapal memahami kapal yang akan dibuat dan mengestimasi secara akurat seluruh biaya pembuatan kapal.

Tujuan utama pada kontrak desain adalah pembuatan dokumen yang secara akurat dengan mendeskripsikan kapal yang akan dibuat. Selanjutnya dokumen tersebut akan menjadi dasar dalam kontrak atau perjanjian pembangunan antara pemilik kapal dan pihak galangan kapal. Adapun komponen dari *contract drawing* dan *contract specification* meliputi :

- *Arrangement drawing*
- *Structural drawing*
- *Structural details*
- *Propulsion arrangement*
- *Machinery selection*
- *Propeller selection*
- *Generator selection*
- *Electrical selection*

Di mana keseluruhan komponen-komponen di atas biasa disebut *key plan drawing*. *Key plan drawing* tersebut harus merepresentasikan secara detail fitur-fitur kapal sesuai dengan permintaan pemilik kapal

### II.2.9.4 Detail Design

*Detail design* adalah tahap terakhir dari proses mendesain kapal. Pada tahap ini hasil dari tahapan sebelumnya dikembangkan menjadi gambar kerja yang detail. Pada tahap detail design mencakup semua rencana dan perhitungan yang diperlukan untuk proses konstruksi dan operasional kapal. Bagian terbesar dari pekerjaan ini adalah produksi gambar kerja yang diperlukan untuk penggunaan mekanik yang membangun lambung dan berbagai unit mesin bantu dan mendorong lambung, fabrikasi, dan instalasi perpipaan dan kabel. Hasil dari tahapan ini adalah berisi petunjuk atau intruksi mengenai instalasi dan detail konstruksi pada *fitters, welders, outfitters, metal workers, machinery vendors, pipe fitters*, dan lain-lainnya.

### **II.2.10. Metode Desain Kapal**

Setelah melakukan tahap-tahapan desain di atas, langkah selanjutnya dalam proses desain kapal menentukan metode desain kapal. Secara umum metode dalam desain kapal adalah sebagai berikut:

#### **II.2.10.1 *Parent Design Approach***

*Parent design approach* merupakan salah satu metode dalam mendesain kapal dengan cara perbandingan atau komparasi, yaitu dengan cara menganbil sebuah kapal yang dijadikan sebagai acuan kapal pembanding yang memiliki karakteristik yang sama dengan kapal yang akan dirancang. Dalam hal ini designer sudah mempunyai referensi kapal yang sama dengan kapal yang akan dirancang, dan terbukti mempunyai *performance* yang bagus.

Keuntungan dalam *parent design approach* adalah :

- Dapat mendesain kapal lebih cepat, karena sudah ada acuan kapal sehingga tinggal memodifikasi saja.
- *Performance* kapal terbukti (*stability, motion, reistance*)

#### **II.2.10.2 *Trend Curve Approach***

Dalam proses desain kapal terdapat beberapa metode salah satunya yaitu *Trend Curve approach* atau biasanya disebut dengan metode statistik dengan memakai regresi dari beberapa kapal pembanding untuk menentukan main dimension. Dalam metode ini ukuran beberapa kapal pembanding dikomparasi di mana variabel dihubungkan kemudian ditarik suatu rumusan yang berlaku terhadap kapal yang akan dirancang.

#### **II.2.10.3 *Iterative Design Approach***

*Iterative design* adalah sebuah metodologi desain kapal yang berdasarkan pada proses siklus dari *prototyping, testing, dan analyzing*.. Perubahan dan perbaikan akan dilakukan berdasarkan hasil pengujian iterasi terbaru sebuah desain. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan kualitas dan fungsionalitas dari sebuah desain yang sudah ada. Proses desain kapal memiliki sifat iteratif yang paling umum digambarkan oleh spiral desain yang mencerminkan desain metodologi dan strategi. Biasanya metode ini digunakan pada orang-orang tertentu saja.

#### **II.2.10.4 Parametric Design Approach**

*Parametric design approach* adalah metode yang digunakan dalam mendesain kapal dengan parameter misalnya ( L, B, T, Cb, LCB dll) sebagai *main dimension* yang merupakan hasil regresi dari beberapa kapal pembanding, kemudian dihitung hambatannya ( $R_t$ ), merancang baling-baling, perhitungan perkiraan daya motor induk, perhitungan jumlah ABK, perhitungan titik berat, *trim*, dan lain-lain.

#### **II.2.10.5 Optimization Design Approach**

Metode optimasi digunakan untuk menentukan ukuran utama kapal yang optimum serta kebutuhan daya motor penggeraknya pada tahap *basic design*. Dalam hal ini, disain yang optimum dicari dengan menemukan disain yang akan meminimalkan *economic cost*. Adapun parameter dari optimasi ini adalah hukum fisika, kapasitas ruang muat, stabilitas, *freeboard*, *trim*, dan harga kapal.

### **II.2.11. Tinjauan Teknis Desain Kapal**

#### **II.2.11.1 Penentuan Ukuran Utama Dasar**

Dalam proses desain kapal terdapat langkah-langkah perhitungan untuk menentukan ukuran utama kapal yang dirancang berdasarkan kapal-kapal pembanding. Langkah-langkah ini berlaku pada umumnya untuk berbagai tipe kapal. Ukuran utama yang dicari harus sesuai dengan jenis kapal yang telah ditentukan. Sebagai langkah awal, dicari berbagai variasi tonase kapal tunda berdasarkan ukuran serta kapasitas tongkang yang akan didorong.

Adapun ukuran-ukuran yang perlu diperhatikan sebagai kapal pembanding adalah:

a.  $L_{pp}$  (*Length between Perpendicular*)

Panjang yang diukur antara dua garis tegak yaitu, jarak horizontal antara garis tegak buritan (*After Perpendicular/AP*) dan garis tegak haluan (*Fore Perpendicular/FP*).

b. LOA (*Length Overall*)

Panjang seluruhnya, yaitu jarak horizontal yang diukur dari titik terluar depan sampai titik terluar belakang kapal.

c.  $B_m$  (*Moulded Breadth*)

Lebar terbesar diukur pada bidang tengah kapal diantara dua sisi dalam kulit kapal untuk kapal-kapal baja. Untuk kapal yang terbuat dari kayu atau bukan logam lainnya, diukur antara dua sisi terluar kulit kapal.

d. H (*Heigh*)



Jarak tegak yang diukur pada bidang tengah kapal, dari atas lunas sampai titik atas balok geladak sisi kapal.

e. *T (Draught)*

Jarak yang diukur dari sisi atas lunas sampai ke permukaan air.

#### II.2.11.2 Perhitungan Hambatan Kapal

Perhitungan hambatan kapal dilakukan untuk mendapatkan daya mesin yang dibutuhkan kapal. Hal ini dilakukan supaya kapal dapat berlayar sesuai dengan *owner requirement*. Terdapat beberapa hal yang mempengaruhi besarnya hambatan kapal, diantaranya adalah ukuran kapal, bentuk badan kapal dibawah garis air dan kecepatan kapal yang dibutuhkan. Dalam perhitungan hambatan kapal, digunakan metode Holtrop dan Mennen.

#### II.2.11.3 Perhitungan Berat Baja Kapal

*Power plant ship* merupakan kapal baja, oleh karena itu pada tahap ini perhitungan berat baja kapal dilakukan dengan rumus dari buku *Practical Ship Design*. Selain menghitung berat baja kapal kosong, juga dilakukan perhitungan berat perlengkapan, berat permesinan serta berat cadangan. Adapun rumus dasar perhitungan ini adalah:

a. Perhitungan berat baja kapal.

$$W_{si} = K \cdot E^{1.36} \quad (II.4)$$

$$E = L(B+T) + 0.85 L (D-T) + 0.85 \{(l_1 \cdot h_1) + 0.75(l_2 \cdot h_2)\} \quad (II.5)$$

Dimana : K = faktor koefisien

Untuk *tugboat*,  $K = 0.044 \pm 0.002$

b. Perhitungan berat perlengkapan

$$W_o = C_o \times L \times B \quad (II.6)$$

$C_o$  = outfit weight coefficient

c. Berat cadangan ( $W_{res}$ )

$$W_{res} = (7-10)\% \times LWT \quad (II.7)$$

#### II.2.11.4 Perhitungan Trim dan Stabilitas

Perhitungan *trim* merupakan syarat mutlak dalam desain sebuah kapal. Suatu kapal dapat dikatakan layak untuk berlayar jika telah memenuhi beberapa persyaratan, salah satu syarat itu adalah besarnya kondisi trim kapal yang terjadi. Suatu kapal dikatakan dalam kondisi baik untuk berlayar jika berada dalam kondisi *even-keel*. Namun bila tidak diperoleh kondisi tersebut, ada beberapa persyaratan yang diijinkan dalam kondisi *trim*, yaitu besarnya trim tidak lebih dari 0.05% Lpp. Nilai ini dijadikan sebagai batasan (*constrain*) dalam proses

iterasi dalam memperoleh ukuran utama. Selain *trim*, ada persyaratan lain dalam desain kapal yaitu persyaratan stabilitas

Dalam Tugas Akhir ini dilakukan perhitungan stabilitas utuh (*intac stability*) dengan menggunakan rumus dari “*The Theory and Technique of Ship Design*” [Manning, 1996]. Pengertian stabilitas adalah kemampuan kapal untuk kembali pada kedudukan setimbang dalam kondisi air tenang ketika kapal mengalami gangguan dalam kondisi tersebut. Perhitungan stabilitas dapat digunakan untuk mengetahui kemampuan kapal kembali pada kedudukan semula apabila mengalami oleng pada saat berlayar.

Keseimbangan statis suatu benda dibedakan atas tiga macam yaitu:

1. Keseimbangan stabil

Adalah kondisi ketika benda mendapat kemiringan akibat adanya gaya luar, maka benda akan kembali pada kondisi semula setelah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G (*centre of gravity*) berada dibawah titik M (*metacentre*).

2. Keseimbangan Labil

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan akibat adanya gaya luar yang bekerja pada benda tersebut, maka kedudukan benda akan cenderung berubah lebih banyak dari kedudukan semula sesudah gaya tersebut hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik G berada di atas titik M.

3. Keseimbangan *indeferent*

Adalah kondisi ketika benda mengalami kemiringan sedikit dari kedudukannya akibat adanya gaya dari luar, maka benda tetap pada kedudukannya yang baru walaupun gaya tersebut telah hilang. Jika ditinjau dari sudut keseimbangan kapal maka letak titik berat G berimpit dengan titik *metacentre* M.

Kapal harus mempunyai stabilitas yang baik dan harus mampu menahan semua gaya luar yang mempengaruhinya hingga kembali pada keadaan seimbang. Hal-hal yang memegang peranan penting dalam stabilitas kapal antara lain:

- a. Titik G (*gravity*), yaitu titik berat kapal.
- b. Titik B (*buoyancy*), yaitu titik tekan keatas akibat air yang dipindahkan akibat badan kapal yang tercelup.

- c. Titik M (*metacentre*), yaitu titik perpotongan antara vektor gaya tekan keatas pada keadaan tetap dengan vektor gaya tekan keatas pada sudut oleng.

Kemampuan apung kapal adalah kemampuan kapal untuk mendukung gaya berat yang dibebankan dengan menggunakan tekanan hidrostatik yang bekerja di bawah permukaan air dan memberikan daya dukung dengan gaya angkat statis pada kapal. Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* ( SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO).

Ada beberapa kriteria utama dalam menghitung stabilitas kapal. Kriteria stabilitas tersebut diantaranya [*IS Code 2008*] adalah:

1.  $\int_0^{30^\circ} GZ \geq 0.055 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \geq 0.055 \text{ m.rad}$

2.  $\int_0^{40^\circ} GZ \geq 0.09 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $40^\circ \geq 0.09 \text{ m.rad}$

3.  $\int_{30^\circ}^{40^\circ} GZ \geq 0.03 \text{ m.rad}$

Luas gambar di bawah kurva dengan lengan penegak GZ pada sudut  $30^\circ \sim 40^\circ \geq 0.03 \text{ m.rad}$

4.  $h_{30^\circ} \geq 0.2 \text{ m}$

Lengan penegak GZ paling sedikit 0.2 m pada sudut oleng  $30^\circ$  atau lebih.

5.  $H_{\max} \text{ pada } \phi_{\max} \geq 25^\circ$

Lengan penegak maksimum pada sudut oleng lebih dari  $25^\circ$

6.  $GM_0 \geq 0.15 \text{ m}$

Tinggi *metacenter* awal  $GM_0$  tidak boleh kurang dari 0.15 meter.

#### **II.2.11.5 Perhitungan *Freeboard***

Lambung timbul (*freeboard*) merupakan salah satu jaminan keselamatan kapal selama melakukan perjalanan dalam mengangkut muatan menjadi jaminan utama kelayakan dari sistem transportasi laut yang ditawarkan pada pengguna jasa, terlebih pada kapal penumpang, keselamatan merupakan prioritas utama.

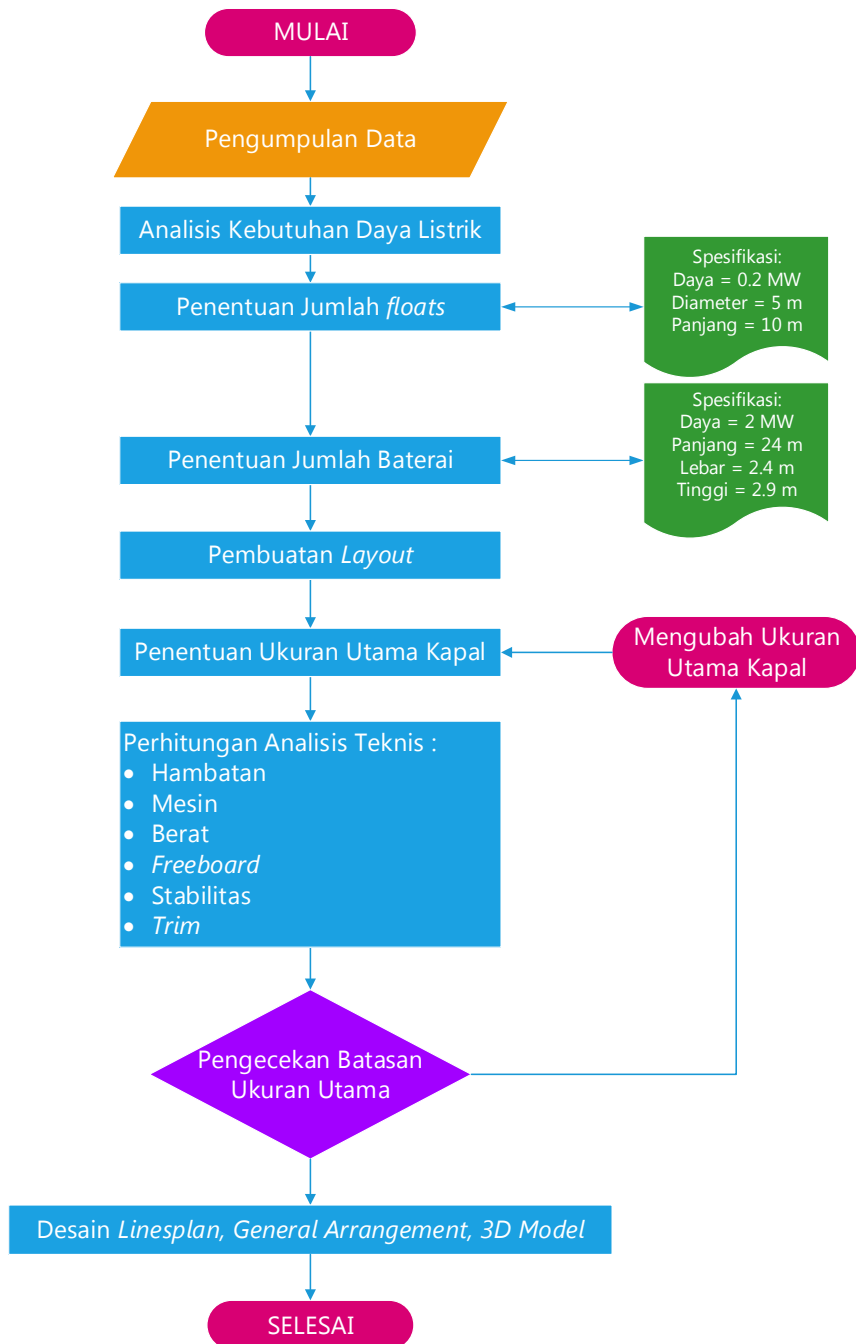
Secara sederhana pengertian lambung timbul adalah jarak tepi sisi geladak terhadap air yang diukur pada tengah kapal. Karena lambung timbul menyangkut keselamatan kapal,

maka terdapat beberapa peraturan mengenai lambung timbul antara lain untuk kapal yang berlayar di perairan dapat menggunakan PGMI(Peraturan Garis Muat Indonesia) tahun 1985 dan peraturan internasional untuk lambung timbul yang dihasilkan dari konferensi internasional tentang peraturan lambung timbul minimum ILLC (*International Load Lines Convention, 1966 on London*), dalam peraturan tersebut dinyatakan bahwa tinggi lambung timbul minimum (*summer load lines*) telah disebutkan dalam table lambung timbul minimum untuk kapak dengan panjang tertentu.

## BAB III

### METODOLOGI

#### III.1. Bagan Alir



Gambar III.1 Diagram Alir

## **III.2. Proses Pengerjaan**

### **III.2.1 Pengumpulan Data**

Pada tahap ini dilakukan proses pengambilan data sekunder guna menunjang proses desain awal kapal pembangkit listrik. Data-data inilah yang akan menjadi patokan inti dari proses desain kapal pembangkit listrik ini kedepannya. Data-data yang dibutuhkan antara lain:

- **Data Kebutuhan Listrik Kota Serui**  
Data kebutuhan listrik Kota Serui ini digunakan untuk membuktikan bahwa pemilihan daya awal telah memenuhi.
- **Data *Floats***  
Data *floats* ini digunakan untuk mengetahui jumlah *floats* yang dibutuhkan sesuai dengan kebutuhan listrik dari Kota Serui.
- **Data Alat Pembangkit Listrik**  
Data alat pembangkit listrik didapatkan dari katalog baterai dan *inverter*. Data yang diperlukan antara lain adalah besarnya kapasitas alat pembangkit listrik, dimensi alat pembangkit listrik, berat dan kebutuhan alat pembangkit listrik.

### **III.2.2 Analisis Data dan Penentuan Parameter Desain**

Proses ini dilakukan setelah terkumpulnya data-data yang dibutuhkan dan ditunjang dengan proses pembelajaran literatur-literatur lebih lanjut. Analisis ini dilakukan untuk mendapatkan rencana jumlah muatan atau *payload* serta batasan-batasan dalam pencarian data kapal pembanding. Selanjutnya dilakukan pengumpulan data-data kapal pembanding yang sesuai dengan batas-batas *payload* yang sudah ditentukan.

### **III.2.3 Pembuatan *Layout* Awal**

Dari data-data yang didapat, dibuat *layout* awal dari kapal yang didapatkan dari ukuran utama dan jumlah alat-alat pembangkit listrik, seperti *floats*, *inverter*, baterai dan generator. Setelah itu dilakukan perhitungan rasio terhadap bagian belakang dan bagian depan kapal. Setelah pandangan atas didapat kemudian digambar pandangan samping.

### **III.2.4 Perhitungan Teknis**

Proses ini didahului dengan melakukan perhitungan parameter-parameter yang sudah ditentukan pada suatu kapal dengan metode *Parametric Design Approach*. Parameter-parameter yang sudah ditentukan antara lain:

- Rasio Ukuran Utama
- *Displacement*

Berat total kapal (DWT+LWT+Margin yang ditentukan) yang akan direncanakan harus sama dengan nilai displacement hasil perhitungan ( $L \times B \times T \times C_b$ )

- *Trim*
- *Freeboard*

Acuan lambung timbul yang nantinya akan digunakan sebagai nilai minimum yang harus dipenuhi pada muatan penuh

- Stabilitas

Persyaratan stabilitas yang mengacu pada IMO Regulation dengan menghitung intact stability. (*IS Code 2008*)

### **III.2.5 Pembuatan Desain Rencana Garis, Rencana Umum dan 3D**

Selanjutnya dilakukan proses pembuatan rencana garis dengan bantuan *software maxsurf*. Pembuatan desain dilakukan dengan memperhatikan desain-desain kapal pada umumnya. Kemudian hasil rencana garis dari *maxsurf* diproses kembali dengan *software AutoCad* guna memperbaiki hasil desain dan dilanjutkan dengan proses pembuatan rencana umum.

Setelah dibuat Rencana Garis dari kapal selanjutnya dibuat Rencana Umum dari kapal untuk mengetahui peletakan peralatan dan pembagian ruangan dan terakhir dibuat desain 3D untuk mengetahui bentuk kapal secara 3 dimensi.

Halaman ini sengaja dikosongkan



## BAB IV

### ANALISIS TEKNIS

#### IV.1. Lokasi Penempatan Kapal Pembangkit Listrik

Lokasi yang dipilih untuk menempatkan kapal pembangkit listrik adalah pada laut di sekitar Kota Serui, Papua. Besarnya tinggi gelombang pada daerah ini adalah 2 m, sesuai dengan hasil pengkajian BPPT dan Pemerintah Norwegia mengenai Potensi Pembangkit Listrik Tenaga Gelombang Air Laut di Indonesia.



Sumber: <https://www.google.co.id/maps>

Gambar IV.1 Rute Pelayaran

#### IV.2. Analisis Kebutuhan dan Instalasi Listrik

Dari data kebutuhan listrik yang didapatkan dari Rencana Umum Pembangkit Tenaga Listrik (RUPTL) milik PLN untuk tahun 2016-2025, diketahui bahwa kebutuhan listrik untuk Kota Serui yang ideal adalah 8,4 MW sedangkan pembangkit listrik yang ada hanya mampu menyediakan listrik sebesar 5.6 MW, sehingga kekurangan listrik adalah 2.8 MW.

Dibutuhkan inverter dan baterai. *Inverter* berfungsi untuk mengubah arus listrik, dari AC ke DC atau sebaliknya. *Inverter* yang digunakan menggunakan merk ABB. Sedangkan, baterai berfungsi untuk menyimpan energi listrik. Baterai yang digunakan menggunakan merk Bosch. Spesifikasi dari *inverter*:

- Merk : ABB String Inverter

- Type : PVS800-IS-2000kW-C
- Daya : 2000 kW (2 MW)
- Dimensi :
  - Panjang : 6,058 m
  - Lebar : 2,896 m
  - Tinggi : 2,438 m
- Berat Inverter : 10 Ton



Sumber: [www.abb.com](http://www.abb.com)  
 Gambar IV.2 *Inverter* Merk ABB

Spesifikasi dari baterai yang digunakan:

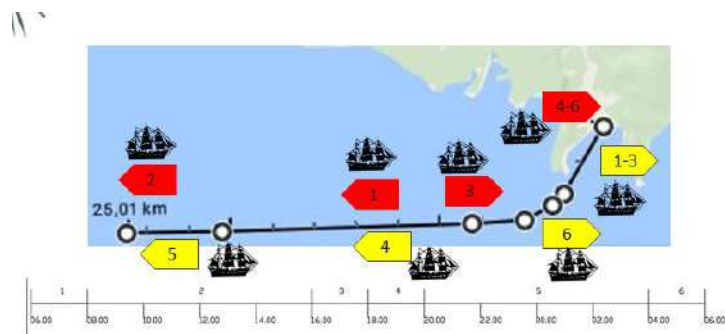
- Merk : Bosch Energy Storage
- Daya : 2 MW
- Dimensi :
  - Panjang : 14 m
  - Lebar : 2,4 m
  - Tinggi : 2,9 m
- Berat Baterai : 80 Ton



Sumber: [www.bosch.com](http://www.bosch.com)  
Gambar IV.3 Baterai Merk Bosch

### IV.3. Skenario Distribusi Energi Listrik

Kapal harus memenuhi kebutuhan listrik secara harian. Maka dari itu, dibutuhkan dua kapal sejenis untuk membagi rata jumlah energi yang dibutuhkan untuk mengalir listrik di Kota Serui. Kedua kapal ini akan beroperasi secara bergantian dan masing-masing dipakai selama 12 jam. Berikut merupakan skenario dari distribusi energi listrik untuk Kota Serui, tanda panah warna merah mewakili kapal I dan tanda panah warna kuning mewakili kapal II.



Gambar IV.4 Skenario Distribusi Energi Listrik

Tabel IV.1 Skenario Distribusi Energi Listrik

Periode	Waktu (jam)	Kegiatan Kapal I	Kegiatan Kapal II
1.	06.00-08.00	Kapal berangkat ke laut	Penyaluran Energi Listrik
2.	08.00-16.00	Pengisian energi listrik	Penyaluran Energi Listrik
3.	16.00-18.00	Perjalanan kembali ke Kota Serui	Penyaluran Energi Listrik
4.	18.00-20.00	Penyaluran Energi Listrik	Kapal berangkat ke laut
5.	20.00-04.00	Penyaluran Energi Listrik	Pengisian energi listrik
6.	04.00-06.00	Penyaluran Energi Listrik	Perjalanan kembali ke Kota Serui

#### IV.4. Penentuan Jumlah *Floats* dan Jumlah Baterai

Dalam penggunaan pembangkit listrik tenaga gelombang air laut, jumlah dan ukuran *floats* menentukan besarnya daya yang dapat tercapai. Dari data yang didapat dari website Wavestar Energy, didapatkan ukuran panjang lengan dan diameter dari *floats* yang sudah digunakan masing-masing sebesar 10 m dan 5 m.

Tabel IV.2 Spesifikasi *Floats* pada Wavestar Energy

Parameter	Commercial Wavestar 6 MW
<i>Number of floats</i>	20
<i>Float diameter</i>	Ø5 m
<i>Arm length</i>	10 m
<i>Weight</i>	1600 ton
<i>Nominal electrical power</i>	6000 kW

Sumber: [www.wavestarenergy.com](http://www.wavestarenergy.com)

Dalam penggunaannya di Indonesia, perbedaan terdapat pada ukuran tinggi gelombang yang berpengaruh kepada jumlah energi yang dihasilkan oleh masing-masing *floats*. Pada prakteknya di Denmark, Wavestar Energy Machine dapat menghasilkan 6 MWh dengan menggunakan 20 *floats* pada ketinggian gelombang maksimum sebesar 3 m yang berarti masing-masing *floats* menghasilkan daya sebesar 0.3 MWh.

Laut di sekitar Pulau Papua yang menjadi lokasi dalam pembuatan energi listrik memiliki tinggi gelombang maksimum sebesar 2 m. Besarnya kekurangan listrik pada Kota Serui adalah 2.8 MW. *Floats* yang digunakan berjumlah 20 buah karena besarnya kebutuhan daya, stabilitas dan penyesuaian terhadap bibir pantai di Kota Serui. Jumlah ini merupakan jumlah *floats* maksimum yang digunakan Wavestar Energy Machine. Berikut merupakan perhitungan daya *floats* untuk Laut di sekitar Pulau Papua.

$$E_{f1} = \text{daya 1 } floats \text{ pada Laut Denmark} = 0.3 \text{ MW}$$

$$h_{w1} = \text{tinggi gelombang di Laut Denmark} = 3 \text{ m}$$

$$h_{w2} = \text{tinggi gelombang di Laut di sekitar Pulau Papua} = 2 \text{ m}$$

$$\text{Daya 1 baterai} = 2 \text{ MW}$$

$$E_{f2} = \text{daya 1 } floats \text{ pada Laut di sekitar Pulau Papua}$$

$$\begin{aligned}
&= \frac{E_{f1} \cdot h_{w2}}{h_{w1}} \\
&= \frac{0.3 \cdot 2}{3} \\
&= 0.2 \text{ MW}
\end{aligned} \tag{IV.1}$$

$$\begin{aligned}
\text{Kekurangan listrik harian Serui} &= 2.8 \text{ MW} \times 24\text{h} \\
&= 67.2 \text{ MWh}
\end{aligned}$$

Setelah diketahui jumlah energi yang dibutuhkan untuk Kota Serui, selanjutnya dilakukan perhitungan jumlah *floats*. Estimasi lama waktu yang dibutuhkan adalah 9 jam. Berikut langkahnya:

$$\begin{aligned}
E &= P_f \times n_f \times t \\
67.2 &= 0.2 \text{ MW} \times n_f \times 9\text{h} \\
n_f &= 37 \text{ floats} \\
E_{f2} \text{ total} &= 0.2 \times 37 \\
&= 7.4 \text{ MW}
\end{aligned} \tag{IV.2}$$

Selanjutnya, dilakukan perhitungan terhadap jumlah baterai yang dibutuhkan dengan cara sebagai berikut:

$$\begin{aligned}
E_b &= P_b \times n_b \\
67.2 &= 2 \text{ MW} \times n_b \\
n_b &= 33.6 \approx 34 \text{ baterai} \\
\frac{\text{Kekurangan listrik}}{\text{Daya 37 floats}} &= \frac{67.2 \text{ MWh}}{7.4 \text{ MW}} \\
&= 9.081 \text{ jam}
\end{aligned} \tag{IV.3}$$

Dari hasil perhitungan, dapat disimpulkan bahwa untuk memenuhi kebutuhan listrik di Kota Serui, dibutuhkan waktu 9.081 jam untuk mengisi energi. Jumlah baterai dan *floats* minimal yang dibutuhkan per kapal berjumlah 17 buah dan 18 buah. Pada kapal pembangkit listrik tenaga gelombang air laut ini, digunakan 18 buah baterai dan 20 *floats* yang digunakan sebagai estimasi apabila baterai dan *floats* tidak bisa bekerja secara optimal dan digunakan untuk stabilitas (kedua sisi kapal memiliki berat beban yang sama). Jumlah *floats* pada kapal ini juga mengikuti jumlah *floats* yang digunakan pada platform yang sudah ada.

#### IV.5. Penentuan *Payload*

Penentuan *payload* dalam kapal pembangkit listrik ini didapatkan dari total berat alat-alat pembangkit listrik, yaitu baterai, *inverter* dan *floats*. Berikut rincian dari berat alat pembangkit listrik:

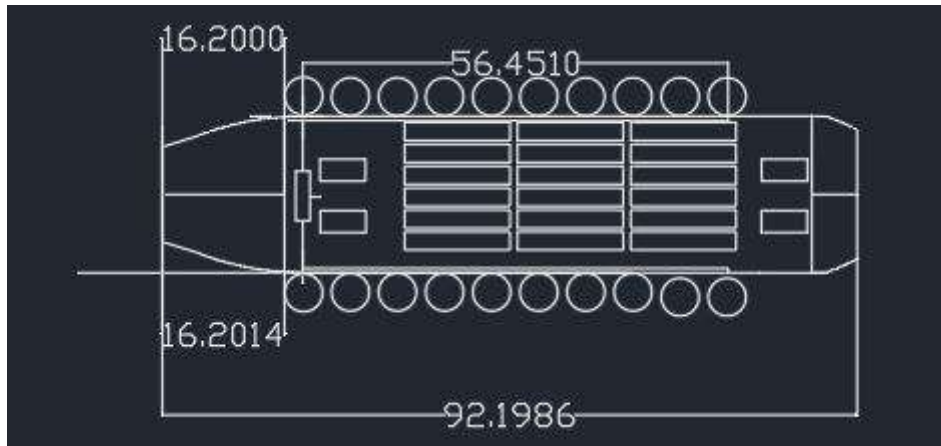
Tabel IV.3 Payload

Jenis Muatan	Berat Satuan (ton)	Jumlah	Berat (ton)
<i>Floats</i>	80	20	1600
<i>Inverter</i>	10	4	40
<i>Battery</i>	80	18	1440
		Berat Total	3080

Jadi, *payload* dari kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut yang dibutuhkan untuk Kota Serui berjumlah 3080 ton.

#### IV.6. Penentuan Ukuran Utama

Ukuran utama awal kapal didapatkan dari pembuatan *layout* awal kapal pembangkit listrik yang didasarkan pada ukuran dari alat pembangkit listrik. Pertama *layout* dibuat dengan menempatkan instalasi alat pembangkit listrik pada ruang muat, kemudian panjang bagian depan ditentukan dengan rumus  $(0.05-0.08) L_{pp}$  dan bagian belakang ditentukan dengan rumus  $(17-20\%) L_{pp}$ . Lebar disesuaikan dengan lebar yang dibutuhkan untuk seluruh alat pembangkit listrik. Sarat disesuaikan dengan kedalaman air yang berada di perairan Papua, yaitu 9 m. Kemudian ditentukan sesuai dengan ratio ukuran utama, lambung timbul (*freeboard*) dan margin antara *displacement* dengan berat total ( $LWT+DWT$ ). *Layout* awal dari kapal pembangkit listrik bisa dilihat pada Gambar IV.5.



Gambar IV.5 *Layout* awal kapal

Lpp	: 92.2	m
Lwl	: 95.888	m
B	: 18.5	m
H	: 5.2	m
T	: 3.75	m

Ukuran utama tersebut kemudian disesuaikan dengan batasan – batasan perbandingan ukuran utama sebagai berikut:

$L/B =$	4.9838	$\rightarrow$	$3.5 < L/B < 10$
$B/T =$	4.9333	$\rightarrow$	$1.8 < B/T < 5$
$L/T =$	24.587	$\rightarrow$	$10 < L/T < 30$
$T/H =$	0.721	$\rightarrow$	$0.7 - 0.8$

Dari pemeriksaan batasan – batasan perbandingan ukuran utama tersebut dapat disimpulkan bahwa ukuran utama kapal memenuhi karena hasil perbandingan masuk dalam *range* yang telah ditentukan.

Dari perhitungan teknis yang telah dilakukan, dilakukan pengecekan teknis meliputi pengecekan hambatan, berat, stabilitas, *trim*, dan lambung timbul kapal. Dari pengecekan teknis yang telah dilakukan, diketahui bahwa ukuran utama awal yang digunakan sudah memenuhi pengecekan.

## IV.7. Perhitungan Teknis

### IV.7.1. Perhitungan Froude Number

*Froude number* dapat dihitung dengan menggunakan formula sebagai berikut:

$$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{g \cdot L}} \quad (IV.4)$$

Keterangan :

- $F_r$  = *Froude Number*
- $V_s$  = kecepatan kapal (m/s)
- $g$  = percepatan gravitasi ( $m/s^2$ )
- $L_{wl}$  = *length of waterline* (m)

$$\begin{aligned} Fn &= \frac{6.172}{\sqrt{9.81 \times 95.888}} \\ &= 0.2016 \end{aligned}$$

### IV.7.2. Perhitungan Coefficient

*Block Coefficient* ( $C_b$ )

$$C_b = \frac{1 - 1.26 (B/L + 1)}{\sqrt{g \times L}} V_s \quad (IV.5)$$

$$\begin{aligned} &= \frac{1 - 1.26 (18.5/ + 95.888)}{\sqrt{9.81 \times 95.888}} 6.172 \\ &= 0.762 \end{aligned}$$

*Midship Coefficient* ( $C_m$ )

$$\begin{aligned} C_m &= 0.977 + 0.085(C_b - 0.6) \\ &= 0.977 + 0.085(0.762 - 0.6) \\ &= 0.991 \end{aligned} \quad (IV.6)$$



*Prismatic Coefficient (Cp)*

$$\begin{aligned} C_p &= C_b / C_m \\ &= 0.762 / 0.991 \\ &= 0.769 \end{aligned} \quad (IV.7)$$

*Waterplane Coefficient (Cwp)*

$$\begin{aligned} C_{wp} &= C_b / (0.471 + 0.551) C_b \\ &= 0.762 / (0.471 + 0.551) 0.762 \\ &= 0.856 \end{aligned} \quad (IV.8)$$

*Displacement ( $\Delta$ )*

$$\begin{aligned} \Delta &= L_{wl} \times B \times T \times C_b \\ &= 95.888 \times 18.5 \times 3.75 \times 0.762 \\ &= 5070.69 \text{ m}^3 \\ &= 5197.46 \text{ ton} \end{aligned} \quad (IV.9)$$

#### IV.7.3. Perhitungan Hambatan dan Propulsi Kapal

Perhitungan hambatan dan propulsi kapal dilakukan untuk mengetahui besarnya daya yang dibutuhkan untuk menggerakkan kapal. Perhitungan hambatan kapal pada kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut menggunakan Metode Holtrop. Setelah dilakukan perhitungan, dilakukan perbandingan dengan model yang dibuat pada *Maxsurf Resistance*, dan hasilnya sama.

##### 1. *Viscous resistance*

⊙  $C_{FO}$

$$\begin{aligned} R_n &= L_{WL} \times V_S / 1.1831 \cdot 10^{-6} \\ &= 498100198.1 \end{aligned} \quad (IV.10)$$

Koefisien tahanan gesek

$$\begin{aligned} C_{fo} &= 0.075 / (\log R_n - 2)^2 \\ &= 0.002 \end{aligned} \quad (IV.11)$$

⊙  $1+k_1$

$$\begin{aligned} C &= 1 + (0.11 \cdot C_{stern}) \\ &= 1 \end{aligned} \quad (IV.12)$$

$$L_R/L = (1 - C_p) + (0.06 \times C_p \times L_{cb}) / (4 \times C_p - 1) \quad (IV.13)$$

$$= 0.260$$

$$L_{WL}^3/V = L_{WL}^3 / L_{pp} \times B \times T \times C_b \quad (IV.14)$$

$$= 173.870$$

$$1+k_1 = \frac{0.93 + 0.4871 \times C \times (B/L)^{1.0681} \times (T/L)^{0.4611} (L/L_r)^{0.1216}}{x (L_{wl}^3/v)^{0.3649}} \quad (IV.15)$$

$$= 1.284$$

## 2. Resistance Appendages

### ● Wetted Surface Area

$$ABT = 0 \quad \text{tanpa bulbous bow}$$

$$S = L_{WL} \times (2 \times T + B) \cdot \sqrt{(C_m) \cdot (0.453 + 0.4425 \times C_b - 0.2862 \times C_m - 0.003467 \times (B/T) + 0.3696 \times C_{wp}) \times (2.38 \times (ABT/C_b))} \quad (IV.16)$$

$$= 1999.716$$

$$S_{rudder} = \frac{2 \times (c_1 \times C_2 \times C_3 \times C_4 \times 1.75 \times L_{pp} \times T/100)}{= 12.101} \quad (IV.17)$$

$$S_{bilgekeel} = \frac{4 \times (0.6 \times C_b \times L_{pp}) \times (0.18 / C_b - 0.2)}{53.999} \quad (IV.18)$$

$$S_{app} = S_{rudder} + S_{bilgekeel} \quad (IV.19)$$

$$= 66.1$$

$$S_{total} = S + S_{app} \quad (IV.20)$$

$$= 2065.815$$

$$1 + k_2 = \frac{(1.5 \times S_{rudder} + 1.4 \times S_{bilgekeel})}{S_{bilgekeel}} \quad (IV.21)$$

$$= 1.4$$

$$1 + k = (1 + K_1) + [(1 + K_2) - (1 + K_1)] \times (S_{app} / S_{total}) \quad (IV.22)$$

$$= 1.288$$

### 3. Wave Making Resistance

●  $C_1$

$$\begin{aligned} C_4 &= B/L_{WL} & (IV.23) \\ &= 0.193 & ; \text{karena } 0.11 < B/L_{WL} \leq 0.25 \end{aligned}$$

$$T_a = 3.75 \quad m$$

$$T_f = 3.75 \quad m$$

$$\begin{aligned} iE &= 25.67 \times (B / L_{wl}) - 162.25 \times C_p^2 + 234.32 \times C_p^3 + 0.1551 \times \\ &\quad [LCB_{ap} + (6.8 \times (T_a - T_f / T))^3] & (IV.24) \\ &= 35.264 \end{aligned}$$

$$d = -0.9 \quad ; \text{Principle of Naval Architecture}$$

$$\begin{aligned} C_1 &= 2223105 \times C_4^{3.7861} \times (T/B)^{1.0796} \times (90 - iE)^{-1.3757} & (IV.25) \\ &= 3.175 \end{aligned}$$

●  $m_1$

$$\frac{\sqrt[3]{(\bar{v})}}{L_{wl}} = 173.87$$

$$\begin{aligned} C_5 &= 8.0798 \cdot C_p - 13.8673 \cdot C_p^2 + 6.9844 \cdot C_p^4 & (IV.26) \\ &\text{untuk } C_p \leq 0.8 \end{aligned}$$

$$= 1.189$$

$$\begin{aligned} m_1 &= 0.01404 \times L_{wl}/T - 1.7525 \times \sqrt[3]{(\bar{v})}/L_{wl} - 4.7932 \times (B/L_{wl}) - C_5 & (IV.27) \\ &= -2.068 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 1.446 \times C_p - 0.03 \times L/B & ; \text{untuk } L/B \leq 12 & (IV.28) \\ &= 0.957 \end{aligned}$$

●  $m_2$

$$C_6 = -1.694 \quad ; \text{untuk } L_{WL}^3/V \leq 512$$

$$\begin{aligned} m_2 &= C^6 \times 0.4 \times e^{-0.034 \cdot Fn - 3.29} & (IV.29) \\ &= -0.0008867 \end{aligned}$$

$$\textcircled{\bullet} C_2 = 0.5 \left( \frac{A_{BT}}{A_T} \right)^{0.16} \quad (IV.29)$$

$$A_{BT} = 0 \quad ; \text{ tanpa bulbous bow}$$

$$r_B = 0.56 \times \sqrt[3]{(A_{BT})} \quad (IV.30)$$

$$= 0$$

$$h_B = 0$$

$$i = T_f - h_B - 0.4464 r_B \quad (IV.31)$$

$$= 5.6$$

$$C_2 = 1$$

$$A_T = 0$$

$$\textcircled{\bullet} C_3 = 1 - (0.8 \times A_T / B \times T \times C_M) \quad (IV.32)$$

$$= 1$$

$$\textcircled{\bullet} R_{W/W} = C_1 \times C_2 \times C_3 \times e^{(m_1 \cdot F_{nd} + m_2 \cdot \cos(\lambda \cdot F_n - 2))} \quad (IV.33)$$

$$= 0.0005$$

$$\textcircled{\bullet} C_A = 0.006 \times (L_{WL} + 100)^{-0.16} - 0.00205 \quad (IV.34)$$

$$= 0.0005$$

$$\textcircled{\bullet} W = D \cdot g \quad (IV.35)$$

$$= 50987.055 \quad \text{N}$$

$$\textcircled{\bullet} R_{\text{total}} = 0.5 \times 1025 \times V_s^2 \times S_{\text{total}} \times [C_{FO} \times (1+k) + C_A] + (R_{W/W}) \times W \quad (IV.36)$$

$$= 108210.322 \quad \text{N}$$

$$= 108.21 \quad \text{kN}$$

$$\textcircled{\bullet} R_{\text{total}} + \text{Margin } 15\% R_{\text{total}} \quad (IV.37)$$

$$= 124.442 \quad \text{kN}$$

#### IV.7.4. Perhitungan *Power* dan Berat Mesin

Nilai dan formula untuk menghitung tenaga yang dibutuhkan adalah:

$$EHP = R_t \times V_s \quad (IV.38)$$

$$EHP = 124.442 \times 6.1728$$

$$= 768.155 \text{ kW} ; \quad 1 \text{ HP} = 0.7355 \text{ kW}$$

$$= 1044.398 \text{ HP}$$

Dari hitungan di atas dapat diketahui bahwa nilai EHP (*effective Horse Power*) adalah sama dengan 1044.398 HP. Dari EHP ini kemudian dapat dilakukan perhitungan untuk mendapatkan nilai BHP yang akan digunakan untuk menentukan pemilihan motor induk.

Dimana:

- $\eta_p$  : efisiensi baling-baling kapal, besaran nilai diasumsikan berdasarkan nilai hasil percobaan *open water test* pada umumnya. Untuk selengkapnya dapat dilihat pada lampiran.
- $\eta_{rr}$  : efisiensi *rotative relative* (Molland, 1992)
- $\eta_H$  : efisiensi bentuk badan kapal (Manen, 1988)

Efisiensi bentuk badan kapal  $\eta_H$  didapatkan dengan formula sebagai berikut:

$$\eta_H = (1 - t) / (1 - w) \quad (\text{IV.39})$$

$$\eta_R = 0.98 \text{ (rotative relative)}$$

$$\eta_P = \frac{J}{2 \pi} \cdot \frac{K_r}{K_\rho} \quad (\text{IV.40})$$

$$= 0.6$$

Perhitungan daya *delivery* dari mesin induk adalah sebagai berikut:

$$\text{DHP} = \text{EHP} / \eta_H \times \eta_R \times \eta_P \quad (\text{IV.41})$$

$$\text{DHP} = 1235.089 \text{ HP}$$

Setelah nilai DHP diketahui, maka langkah selanjutnya adalah menghitung nilai BHP (*Break Horse Power*). Perhitungan BHP dapat dilakukan dengan formula sebagai berikut:

$$\text{BHP} = \text{DHP} + x \% \text{ DHP} \quad (\text{IV.42})$$

Dimana:

$x\%$  = koreksi daerah pelayaran (15% - 20%)

= 15%

Maka,

$$\text{BHP} = 1235.089 + 15\% \times 1235.089$$

$$\text{BHP} = 1486.502 \text{ kW}$$

$$\text{BHP} = 1993.431 \text{ HP}$$

Selanjutnya, dilakukan pemilihan mesin utama dan *generator set* yang berfungsi untuk menggerakkan kapal. Berikut detail dari kedua mesin tersebut:

- Mesin utama: Wartsila 20 8L20

$$\text{Daya} = 1600 \text{ kW} = 2146 \text{ HP}$$

$$L = 3973 \text{ mm}$$

$$B = 1756 \text{ mm}$$

$$H = 2424 \text{ mm}$$



Sumber: [www.wartsila.com](http://www.wartsila.com)

Gambar IV.6 Wartsila 20 8L20

- *Generator set*: Caterpillar 429 kWE 18 Acert

$$\text{Daya} = 1600 \text{ kW} = 2146 \text{ HP}$$

$$L = 1438 \text{ mm}$$

$$B = 969 \text{ mm}$$

$$H = 1438 \text{ mm}$$



Sumber: [www.caterpillar.com](http://www.caterpillar.com)

Gambar IV.7 Caterpillar 429 kWE 18 Acert

Pada bagian permesinan, yang dihitung adalah unit dari mesin kapal, unit dari propulsi, unit dari elektrik serta unit lainnya untuk mendapatkan total berat dari seluruh permesinan yang ada (Scnukleeth.1998)

$$\text{Berat mesin induk (W engine)} = 12.5 \text{ ton}$$

$$\text{Berat unit propulsi (Wproptotal = Wgrbox + Ms + Wprop)} = 4.625 \text{ ton} \quad (\text{IV.43})$$

$$\text{Unit elektrik (Wgs = 0,001 \cdot PB (15 + 0,014 \cdot PB))} = 53.233 \text{ ton} \quad (\text{IV.44})$$

$$\text{Berat lain-lain (Wother = (0.04 \sim 0.07) \cdot PB)} = 23.041 \text{ ton} \quad (\text{IV.45})$$

$$\textbf{W Total} \quad (\text{We + Wproptotal + Wgs + Wot}) = \textbf{93.441 ton} \quad (\text{IV.46})$$

Kapal dapat dikatakan mengapung apabila *displacement* (berat air yang dipindahkan akibat berat kapal) yaitu  $L_{pp}$  (panjang kapal)  $\times$   $B$  (lebar kapal)  $\times$   $T$  (sarat kapal yang tercelup)  $\times$   $C_b$  (koefisien blok)  $\times$   $\rho$  air (massa jenis air) harus lebih besar dari berat kapal sebenarnya yaitu  $LWT + DWT$ . Jadi *Displacement Design* ( $\Delta$ ) =  $LWT + DWT + 0 - 2\% \text{ Margin}$ . Tabel berikut adalah hasil rekapitulasi total berat pada kapal pembangkit listrik

#### IV.7.5. Perhitungan Berat Baja Kapal

Komponen berat adalah DWT dan LWT. Yang termasuk ke dalam komponen DWT adalah muatan yang diangkut. Sementara komponen LWT adalah berat baja, berat peralatan dan perlengkapan.

##### 1) Perhitungan Berat Baja Kapal

Perhitungan berat baja kapal didapatkan dengan menggunakan metode *Harvald & Jensen* (1992), dari buku *Ship Design Efficiency and Economy* (Schneekluth : 1998). Berikut ini adalah hasil perhitungan berat baja kapal :

### **Volume Superstructure**

#### **1. Volume Poop Deck**

$$\begin{aligned}\text{Panjang Poop Deck } (\ell_{DH1}) &= 16.8 & \text{m} \\ \text{Lebar Poop Deck } (b_{DH1}) &= 18.5 & \text{m} \\ \text{Tinggi Poop Deck } (t_{DH1}) &= 2.4 & \text{m} \\ \text{Volume Poop Deck } (V_{DH1}) &= \ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1} & \text{(IV.47)} \\ &= 745.92 & \text{m}^3\end{aligned}$$

#### **2. Volume Forecastle**

$$\begin{aligned}\text{Panjang Forecastle } (\ell_{DH2}) &= 12.932 & \text{m} \\ \text{Lebar Forecastle } (b_{DH2}) &= 16.709 & \text{m} \\ \text{Tinggi Forecastle } (t_{DH2}) &= 2.4 & \text{m} \\ \text{Volume Forecastle } (V_{DH2}) &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2} \\ &= 259.3034 & \text{m}^3\end{aligned}$$

### **Volume Deck House ( $V_{DH}$ )**

#### **1. Volume Deck House 1 ( $V_{DH1}$ )**

$$\begin{aligned}\text{Panjang Deck House 1 } (\ell_{DH1}) &= 16.8 & \text{m} \\ \text{Lebar Deck House 1 } (b_{DH1}) &= 18.5 & \text{m} \\ \text{Tinggi Deck House 1 } (t_{DH1}) &= 2.4 & \text{m} \\ \text{Volume Deck House 1 } (V_{DH1}) &= \ell_{DH1} \cdot b_{DH1} \cdot t_{DH1} \\ &= 745.92 & \text{m}^3\end{aligned}$$

#### **2. Volume Deck House 2 ( $V_{DH2}$ )**

$$\begin{aligned}\text{Panjang Deck House 2 } (\ell_{DH2}) &= 14.8 & \text{m} \\ \text{Lebar Deck House 2 } (b_{DH2}) &= 18.5 & \text{m} \\ \text{Tinggi Deck House 2 } (t_{DH2}) &= 2.4 & \text{m} \\ \text{Volume Deck House 2 } (V_{DH2}) &= \ell_{DH2} \cdot b_{DH2} \cdot t_{DH2} \\ &= 657.12 & \text{m}^3\end{aligned}$$

#### **3. Volume Deck House 3 ( $V_{DH3}$ )**

$$\begin{aligned}\text{Panjang Deck House 3 } (\ell_{DH1}) &= 11.4 & \text{m} \\ \text{Lebar Deck House 3 } (b_{DH3}) &= 18.5 & \text{m} \\ \text{Tinggi Deck House 3 } (t_{DH3}) &= 2.4 & \text{m} \\ \text{Volume Deck House 3 } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3} \\ &= 506.16 & \text{m}^3\end{aligned}$$

#### **4. Volume Wheel House**



$$\begin{aligned}
\text{Panjang Wheel House } (\ell_{DH1}) &= 11.4 & \text{m} \\
\text{Lebar Wheel House } (b_{DH3}) &= 9.299 & \text{m} \\
\text{Tinggi Wheel House } (t_{DH3}) &= 2.4 & \text{m} \\
\text{Volume Wheel House } (V_{DH3}) &= \ell_{DH3} \cdot b_{DH3} \cdot t_{DH3} \\
&= 254.407 & \text{m}^3
\end{aligned}$$

Volume Total

$$\begin{aligned}
V &= V_{DH1} + V_{DH2} + V_{DH3} + V_{WH} + V_F + V_{PD} \\
&= 3168.943 & \text{m}^3
\end{aligned} \tag{IV.48}$$

**Berat Baja ( $W_{ST}$ )**

DA = Tinggi Kapal Setelah Dikoreksi dengan  
Superstructure dan Deck House

$$= H + \frac{V_A + V_{DH}}{L_{PP} \cdot B} \tag{IV.49}$$

$$= 7.0578 \quad \text{m}$$

$$C_{SO} = 0.07 \quad \text{t/m}^3$$

$$U = \log \frac{\Delta}{100} \tag{IV.50}$$

$$= 1.716$$

$$C_S = C_{SO} + 0.06 \cdot e^{-(0.5 \cdot U + 0.1 \cdot U^{2.45})} \tag{IV.51}$$

$$= 0.107$$

**Total Berat Baja**

$$W_{ST} = L_{PP} \cdot B \cdot DA \cdot C_S \tag{IV.52}$$

**Ton**

$$= 1288.509$$

Total Berat *Consumable and Crew* ( $W_{\text{cons}}$ )

$$W_{\text{LO}} + W_{\text{FW}} + W_{\text{DO}} + W_{\text{FO}}$$

$$= \text{(IV.49)}$$

$$= \mathbf{6.238 \text{ Ton}}$$

2) Berat Peralatan dan Perlengkapan

### Input Data

$$L_{\text{PP}} = 92.2 \text{ m}$$

$$B = 18.5 \text{ m}$$

$$H = 5.2 \text{ m}$$

$$C_{\text{ALV}} = 195 \text{ kg/m}^2$$

### 1. Layer 1

$$\ell_{\text{DH1}} = 16.8 \text{ m}$$

$$b_{\text{DH1}} = 18.5 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH1}} = \ell_{\text{PO}} \cdot b_{\text{PO}}$$

$$= 310.8 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{DH1}} = \frac{A_{\text{DH1}} \cdot C_{\text{ALV}}}{1000}$$

$$= 60.606 \text{ ton}$$

### 2. Layer II

$$\ell_{\text{DH2}} = 16.8 \text{ m}$$

$$b_{\text{DH2}} = 18.5 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH2}} = \ell_{\text{DH2}} \cdot b_{\text{DH2}}$$

$$= 310.8 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{DH2}} = \frac{A_{\text{DH2}} \cdot C_{\text{ALV}}}{1000}$$

### 3. Layer III

$$\ell_{\text{DH3}} = 14.8 \text{ m}$$

$$b_{\text{DH3}} = 18.5 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH3}} = \ell_{\text{DH3}} \cdot b_{\text{DH3}}$$

$$= 273.8 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{DH3}} = \frac{A_{\text{DH3}} \cdot C_{\text{ALV}}}{1000}$$

$$= 53.391 \text{ ton}$$

### 4. Layer IV

$$\ell_{\text{DH4}} = 11.4 \text{ m}$$

$$b_{\text{DH4}} = 18.5 \text{ m}$$

$$A_{\text{DH4}} = \ell_{\text{DH4}} \cdot b_{\text{DH4}}$$

$$= 210.9 \text{ m}^2$$

$$W_{\text{DH4}} = \frac{A_{\text{DH4}} \cdot C_{\text{ALV}}}{1000}$$

=

$$= 60.606 \quad \text{Ton} \quad = 41.126$$

## 5. Wheel House

$$\ell_{WH} = 11.4 \quad \text{m}$$

$$b_{WH} = 9.299 \quad \text{m}$$

$$A_{WH} = \ell_{WH} \cdot b_{WH} \quad (IV.53)$$

$$= 106.003 \quad \text{m}^2$$

$$W_{WH} = \frac{A_{WH} \cdot C_{ALV}}{1000} \quad (IV.54)$$

$$= 20.671 \quad \text{ton}$$

$$\mathbf{W \text{ Total}} = W_{DH1} + W_{DH2} + W_{DH3} + W_{DH4} + W_{DH4} + W_{AN} \quad (IV.55)$$

$$= 236.399 \quad \text{ton}$$

## Grup IV

$$C = 0.25 \quad \text{ton/m}^2$$

*; 0.18 ton/m<sup>2</sup> < C < 0.26 ton/m<sup>2</sup> untuk ukuran sedang, Ship Design Efficiency and Economy*

(IV.56)

$$W_{IV} = \sqrt[3]{(L_{PP}^2 \cdot B \cdot H)^2 \cdot C}$$

$$= 107.122 \quad \text{ton}$$

## Berat Total Peralatan dan Perlengkapan

$$W_{E\&O} = W_{Total} + W_{IV} \quad (IV.57)$$

$$= 343.521 \quad \text{ton}$$

Tabel IV.4 Rekapitulasi berat kapal

No	Item	Value	Units
1	<b>Light Weight Estimation</b>		
	Steel Weight	= 1218.176	Tons
	Machinery Plant Weight	= 93.441	Tons
	Equipment & Outfitting weight	= 290.131	Tons
	<b>Total LWT</b>	= <b>1601.747</b>	Tons
2	<b>Deadweight Calculation</b>		
	Payload	= 3080	Tons
	Crew	= 1.65	Tons
	Fresh water	= 1.893	Tons
	Fuel oil	= 0.861	Tons
	Lube oil	= 0.014	Tons
	Diesel Oil	= 0.0004	Tons
	Weight of provision	= 0.111	Tons
	<b>Total DWT</b>	= <b>3086.376</b>	Tons
3	<b>Total Weight (LWT + DWT)</b>	= 4811.848	Tons
4	<b>Displacement Design (<math>\Delta</math>)</b>	= 5197.4572	Tons
5	<b>Margin (Displacement <math>\Delta</math> - (DWT + LWT))</b>	= 314.5822	Tons
		= 9.799	%

#### IV.7.6. Perhitungan Freeboard

- Freeboard standard

Yaitu *freeboard* yang tertera pada tabel *freeboard* standar sesuai dengan tipe kapal.

$$Fb = 1133 \text{ mm}$$

- Koreksi untuk kapal di bawah 100m ( $Fb_1$ )

Untuk kapal dengan panjang  $24 < L < 100$  m dan mempunyai *superstructure* tertutup dengan panjang efektif mencapai 35%L.

$$Fb_1 = 6.389 \text{ mm}$$

- Koreksi koefisien blok (untuk kapal dengan  $C_b > 0.68$ )

$$Fb_2 = fb \times (0.68 + C_b) / 1.36 \quad (IV.58)$$

$$= 1017.84 \text{ mm}$$

- Koreksi tinggi ( $Fb_3$ )

Koreksi dilakukan apabila  $D > L/15$

$D$  = tinggi kapal = 5.2 meter

$L/15 = 6.1467$  ; Maka, tidak ada koreksi tinggi.

$$Fb_3 = 0 \text{ mm}$$

- Koreksi lengkung memanjang kapal

Karena kapal ini tidak memiliki lengkungan atau *sheer*, maka koreksi LMK = 0 mm

- Koreksi bangunan atas

Untuk *forecastle*:

$$I_{FC} = 12.93 \text{ m}$$

$$h_{SFC} = 2.04 \text{ m}$$

$$h_{FC} = 2.40 \text{ m}$$

$$I_{SFC} = 12.93 \text{ m}$$

*Effective Length Super Structure:*

$$E = l_{sFC} + l_{SPoop} \quad (IV.59)$$

$$= 29.73 \text{ m}$$

*Superstructure:*

$$Fb_4 = - (31\% \times 1077) \quad (IV.60)$$

$$= -315 \text{ mm}$$

$$Fb' = Fb_1 + Fb_2 + Fb_3 + Fb_4 \quad (IV.61)$$

$$= 0.7 \text{ m}$$

- Batasan *Freeboard*

$$Fba = H - T \quad (IV.62)$$

$$= 1.45 \text{ m}$$

Karena  $Fba > Fb'$ , maka kondisi *freeboard* memenuhi.

- *Minimum Bow Height*

$$Bwm = 56L (1 - L/500) (1.36/0.724 + 0.68) \quad (IV.63)$$

$$= 4.234 \text{ m}$$

$$Fba + Sf + h_{FC} = 5.887 \text{ m} \quad (IV.64)$$

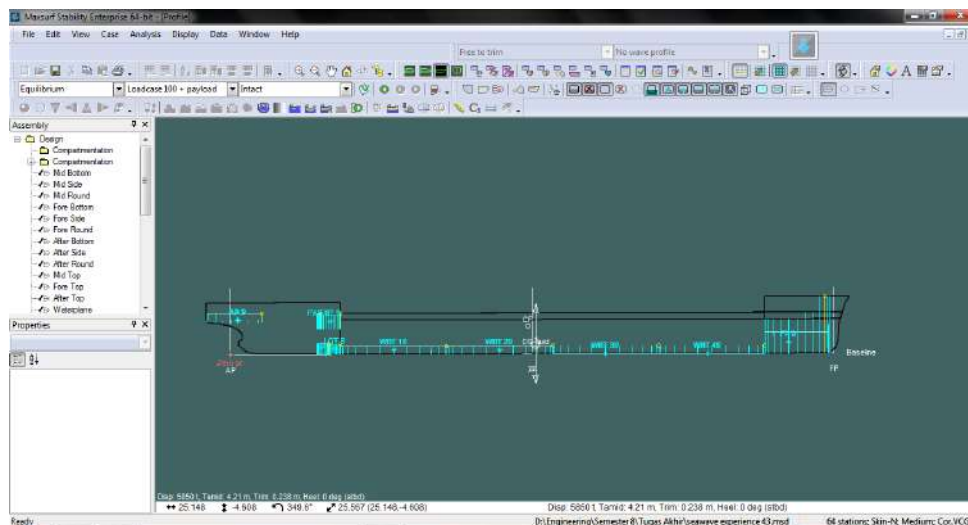
Karena  $Fba + Sf + h_{FC} > Bwm$ , maka kondisi *minimum bow height* memenuhi.

#### IV.7.7. Perhitungan *Trim*

*Trim* adalah perbedaan tinggi sarat kapal antara sarat depan dan belakang. Sedangkan *even keel* merupakan kondisi di mana sarat belakang dan sarat depan adalah sama. *Trim* terbagi dua yaitu :

1. *Trim* haluan
2. *Trim* buritan

Batasan *trim* maksimal menurut SOLAS *Chapter II-1, Part B-1, Regulasi 5-1* adalah 0.5% Lpp. Yang berarti *trim* maksimal yang diizinkan adalah  $0.5\% \times 92.2 = 0.461 \text{ m}$ .



Gambar IV.8 Keadaan *trim* pada *Loadcase* 100



Gambar IV.9 Keadaan *trim* pada *Loadcase* 50



Gambar IV.10 Keadaan *trim* pada *Loadcase* 10

Berikut merupakan hasil perhitungan *trim* menggunakan software *Maxsurf Stability Enterprise*:

Tabel IV.5 Hasil Perhitungan *Trim*

<b><i>Loadcase</i></b>	<b>100%</b>	<b>50%</b>	<b>10%</b>
Draft Amidships m	6.092	6.398	6.12
Displacement t	4913	5365	4954
Heel deg	0	0	0
Draft at FP m	6.088	6.356	6.106
Draft at AP m	6.096	6.439	6.133
Draft at LCF m	6.092	6.396	6.119
Trim (+ve by stern) m	0.009	0.083	0.027
WL Length m	96.93	97.035	96.936
Beam max extents on WL m	18.5	18.5	18.5
Wetted Area m <sup>2</sup>	1895.694	1955.443	1901.44
Waterpl. Area m <sup>2</sup>	1439.263	1455.564	1440.638
Prismatic coeff. (Cp)	0.772	0.77	0.771
Block coeff. (Cb)	0.745	0.743	0.744
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.966	0.969	0.966
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.803	0.811	0.803
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	50.411	50.229	50.376
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	49.731	49.404	49.702
KB m	4.357	4.516	4.371

KG fluid m	3.238	4.026	4.024
BMt m	7.763	7.205	7.709
BML m	156.887	148.409	156.036
GMt corrected m	8.883	7.696	8.056
GML m	158.006	148.899	156.383
KMt m	12.12	11.721	12.08
KML m	161.244	152.925	160.408
Immersion (TPc) tonne/cm	14.752	14.92	14.767
MTc tonne.m	81	83.345	80.826
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	761.669	720.507	696.458
Max deck inclination deg	0.0052	0.0494	0.0159
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0052	0.0494	0.0159

Dari hasil pemeriksaan diatas, dapat disimpulkan bahwa trim telah memenuhi standar karena semuanya dibawah 0.461 m.

#### IV.7.8. Perhitungan Stabilitas

Kapal yang akan dibangun harus dapat dibuktikan secara teoritis bahwa kapal tersebut memenuhi standart keselamatan pelayaran *Safety Of Life At Sea* ( SOLAS) atau *International Maritime Organization* (IMO). Perhitungan stabilitas menggunakan software *Maxsurf Stability Advance* dengan menggunakan tiga macam *Loadcase*:

- *Loadcase* 10% adalah *Loadcase* dengan keadaan tangki bahan bakar sebesar 10% dan tangki air ballast sebesar 90%.
- *Loadcase* 50% adalah *Loadcase* dengan keadaan tangki bahan bakar sebesar 50% dan tangki air ballast sebesar 50%.
- *Loadcase* 100% adalah *Loadcase* dengan keadaan tangki bahan bakar sebesar 100% dan tangki air ballast sebesar 0%.

Berikut adalah pemeriksaan hasil perhitungan yang telah dibandingkan dengan batasanya :



Tabel IV.6 Hasil perhitungan Stabilitas *Loadcase* 10

Data	Hasil	Kriteria IMO	Kondisi
$e_{30^\circ}$	52.7863	$\geq 3.1513$	Diterima
$e_{40^\circ}$	80.758	$\geq 5.1566$	Diterima
$e_{30-40^\circ}$	27.9717	$\geq 1.7189$	Diterima
$h_{30^\circ}$	2.813	$\geq 0.2$	Diterima
$\theta_{\max}$	37.3	$\geq 25$	Diterima
$GM_0$	8.056	$\geq 0.15$	Diterima

Tabel IV.7 Hasil perhitungan Stabilitas *Loadcase* 50

Data	Hasil	Kriteria IMO	Kondisi
$e_{30^\circ}$	47.4825	$\geq 3.1513$	Diterima
$e_{40^\circ}$	71.1171	$\geq 5.1566$	Diterima
$e_{30-40^\circ}$	24.6345	$\geq 1.7189$	Diterima
$h_{30^\circ}$	2.489	$\geq 0.2$	Diterima
$\theta_{\max}$	39.1	$\geq 25$	Diterima
$GM_0$	7.696	$\geq 0.15$	Diterima

Tabel IV.8 Hasil perhitungan Stabilitas *Loadcase* 100

Data	Hasil	Kriteria IMO	Kondisi
$e_{30^\circ}$	59.33	$\geq 3.1513$	Diterima
$e_{40^\circ}$	92.1307	$\geq 5.1566$	Diterima
$e_{30-40^\circ}$	32.8008	$\geq 1.7189$	Diterima
$h_{30^\circ}$	3.352	$\geq 0.2$	Diterima
$\theta_{\max}$	42.7	$\geq 25$	Diterima
$GM_0$	8.882	$\geq 0.15$	Diterima

Keterangan :

- $e_{30^\circ}$  adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai  $30^\circ$  sudut oleng,
- $e_{40^\circ}$  adalah luas bidang dibawah kurva lengan statis (GZ) sampai  $40^\circ$  sudut oleng,
- $e_{30-40^\circ}$  adalah luasan bidang yang terletak di bawah lengkung lengan statis (GZ) diantara sudut oleng  $30^\circ$  dan  $40^\circ$
- $h_{30^\circ}$  adalah lengan statis (GZ) pada sudut oleng  $> 30^\circ$ .
- $\theta_{\max}$  adalah sudut dimana lengan stabilitas statis (GZ) maksimum terjadi.
- $GM_0$  adalah tinggi metacentre (MG) pada sudut oleng  $0^\circ$ .

Dari hasil pemeriksaan di atas maka telah dibuktikan bahwa ukuran utama yang dihasilkan dari proses iterasi solver telah memenuhi semua kriteria stabilitas.

#### IV.7.9. Crew dan Operasional

Dalam operasional kapal pembangkit listrik ini, jumlah *crew* berjumlah 16 anggota dan dibagi menjadi dua departemen: *marine department* dan *non-marine department*. *Non-marine department* bertugas untuk mengatur kinerja dari pembangkit listrik.

Tabel IV.9 Marine crew

<b>Marine Departement</b>	
<i>Captain</i>	1
<i>Chief Officer</i>	1
<i>Chief Cook</i>	1
<i>Assistant Cook</i>	1
<i>Seaman</i>	2
<b>jumlah</b>	<b>6</b>

Tabel IV.10 *Non-marine crew*

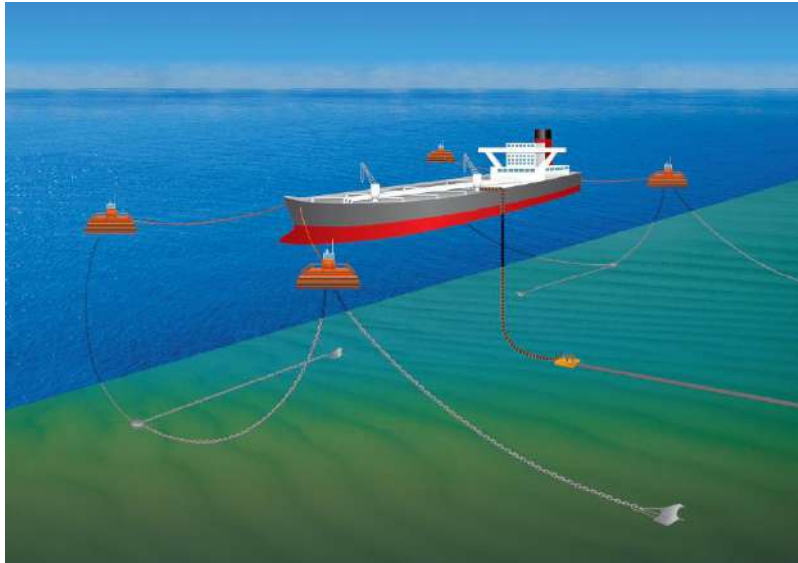
<b><i>Non-Marine Departement</i></b>	
<i>Chief Engineer</i>	1
<i>Floats Operator</i>	2
<i>Electrical Engineer</i>	2
<i>Mechanical Engineer</i>	2
<i>Power Plant Engineer</i>	2
<i>Administration</i>	1
<b>jumlah</b>	<b>10</b>

#### IV.8. Sistem Penambatan (*Mooring*)

Penambatan digunakan untuk membuat kapal diam dan tidak bergerak dalam suatu tempat di dermaga. Pada kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut, selain untuk menambatkan kapal di dermaga, penambatan juga dilakukan ketika kapal melakukan pengisian energi di tengah laut. Hal ini dilakukan agar gerakan mengapung kapal dan *floats* tidak sama. Karena apabila sama, pengisian energi tidak bisa dilakukan secara maksimum.

Untuk menambatkan suatu kapal, dibutuhkan tali tambat atau *mooring line/hawser* dan *bollard* yang menjadi tumpuan dari tambatan tersebut. Sistem *mooring* yang digunakan adalah sistem *conventional buoy mooring* (CBM). Sistem ini biasa digunakan untuk kapal-kapal *tanker* yang perlu ditambatkan ditengah laut untuk melakukan pengeboran minyak yang berfungsi untuk mengurangi gerak kapal hingga seminimal mungkin.

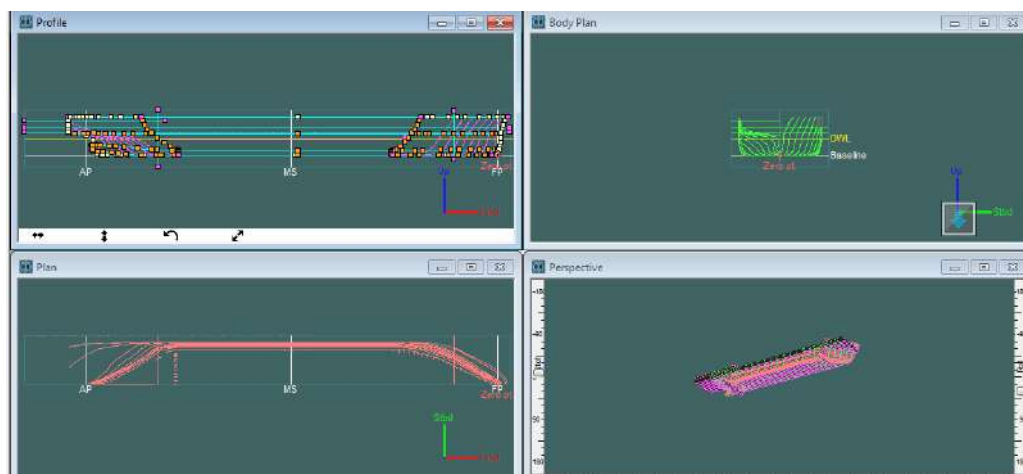
Pada sistem *conventional buoy mooring*, kapal ditambat dengan tali ke *buoy* dan *buoy* dijangkar ke *seabed* dengan rantai. Formasi *mooring* yang digunakan dilihat dari ukuran panjang kapal dan kebutuhan stabilitas kapal sehingga digunakan empat buah *mooring* yang diposisikan secara *rectangular*.



Gambar IV.11 Sistem Penambatan *Conventional Buoy Mooring* (CBM)

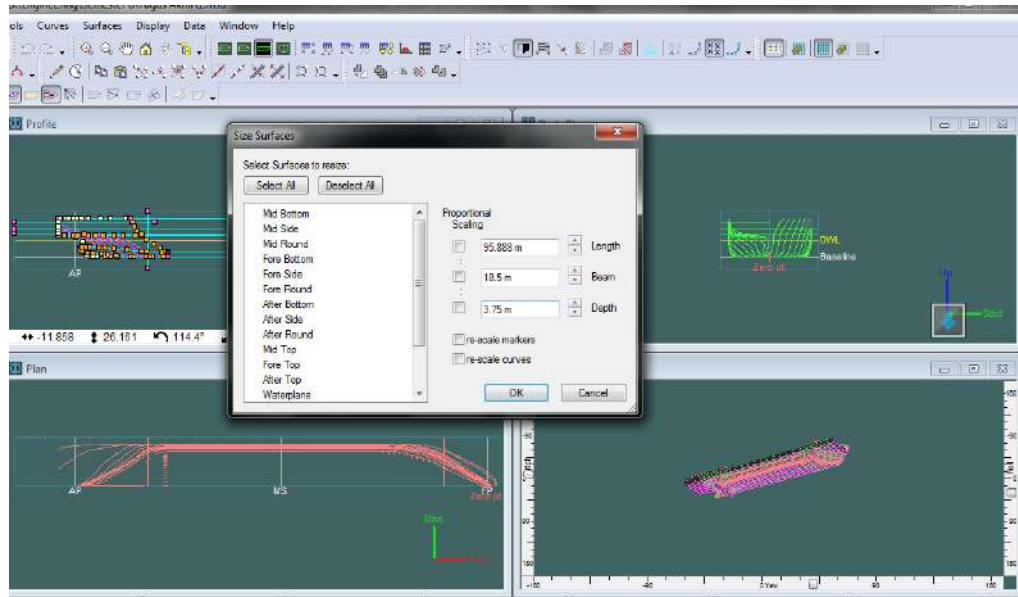
#### IV.9. Pembuatan *Lines Plan*

*Software Maxsurf* digunakan dalam mendesain kapal pembangkit listrik kali ini, *sample design* dari jenis kapal cargo dipakai untuk merancang kapal yang diinginkan. Setelah membuka contoh desain yang ada maka akan muncul 4 tampilan yaitu: *bodyplan* (tampak depan dan belakang), *profile* (tampak samping), *plan* (tampak atas) and *perspective* (tampilan dalam 3 dimensi).



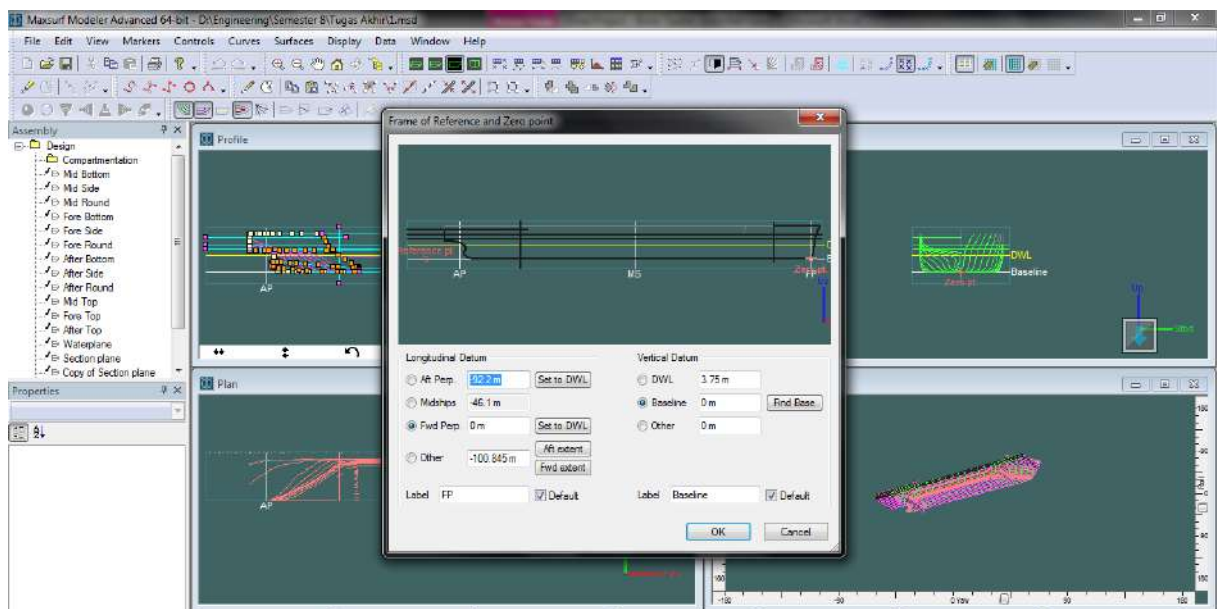
Gambar IV.12 Tampilan aplikasi maxsurf untuk mendesain kapal

Langkah selanjutnya adalah memasukkan dimensi kapal yang akan kita desain mulai dari *length* (panjang), *beam* (lebar) dan *depth* (tinggi) dari kapal dengan cara ke *menu toolbar* yang ada dibagian atas yaitu *surfaces -> size surfaces* lalu *input* data dimensi kapal yang akan didesain lalu klik ok.



Gambar IV.13 *Input* ukuran utama kapal yang akan di desain

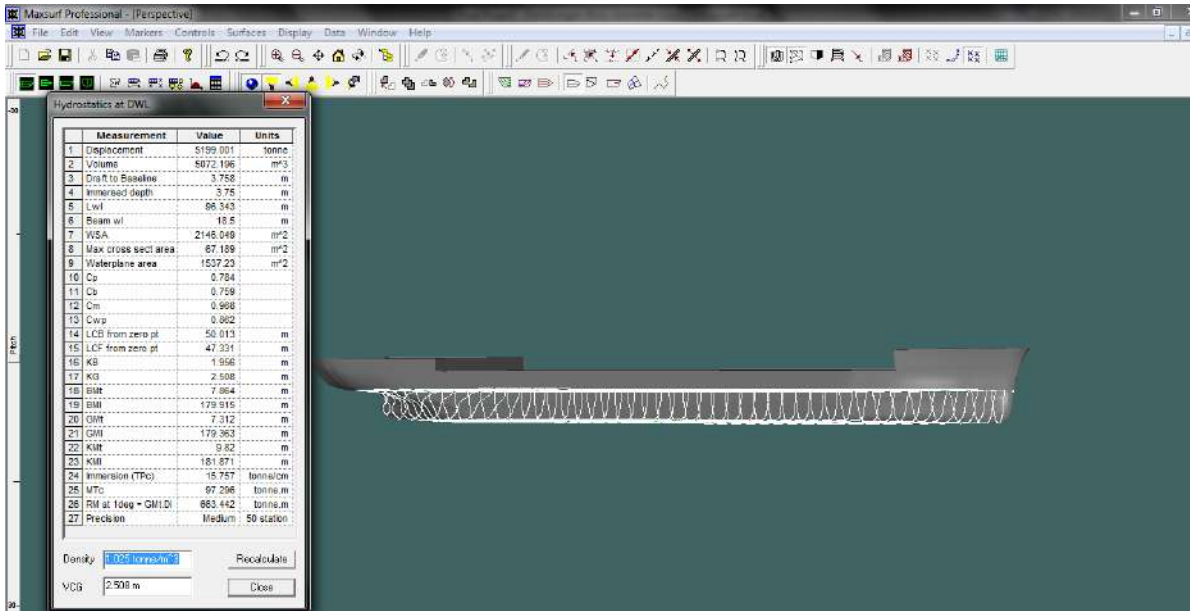
Setelah kapal sudah sesuai dengan ukuran yang kita rancang maka tentukan *T* desain *draft* (sarat kapal) dan juga titik acuan kapal di *AP after perpendicular* sebagai titik 0 dengan cara ke *menu toolbar* yang ada dibagian atas yaitu *data -> frame of references* lalu input *DWL* dengan tinggi sarat kapal dan pindahkan kursor ke aft. perp lalu klik *Set to DWL* dan juga input 0 pada kolom *baseline* lalu klik ok.



Gambar IV.14 Menentukan sarat kapal dan titik acuan kapal

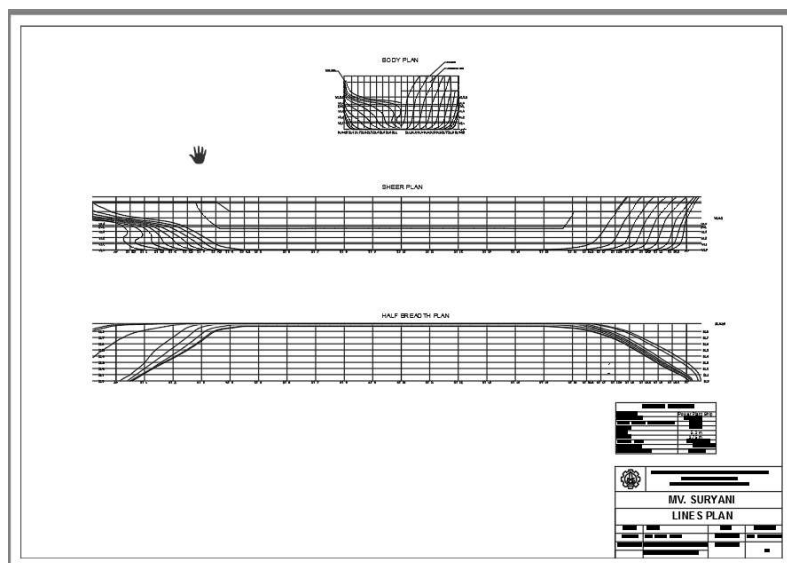
Untuk membandingkan hasil desain dengan perhitungan yang sudah dilakukan sebelumnya, dapat kita lihat dengan cara ke *menu toolbar* yang ada dibagian atas yaitu *data -> Calculate hydrostatic* lalu lihat apakah hasil desain sudah sesuai dengan perhitungan atau

belum, mulai dari *displacement*, *coefficient block*, *WL length*, *longitudinal center bouyancy* dan lain-lainnya.



Gambar IV.15 Menentukan sarat kapal dan titik acuan kapal

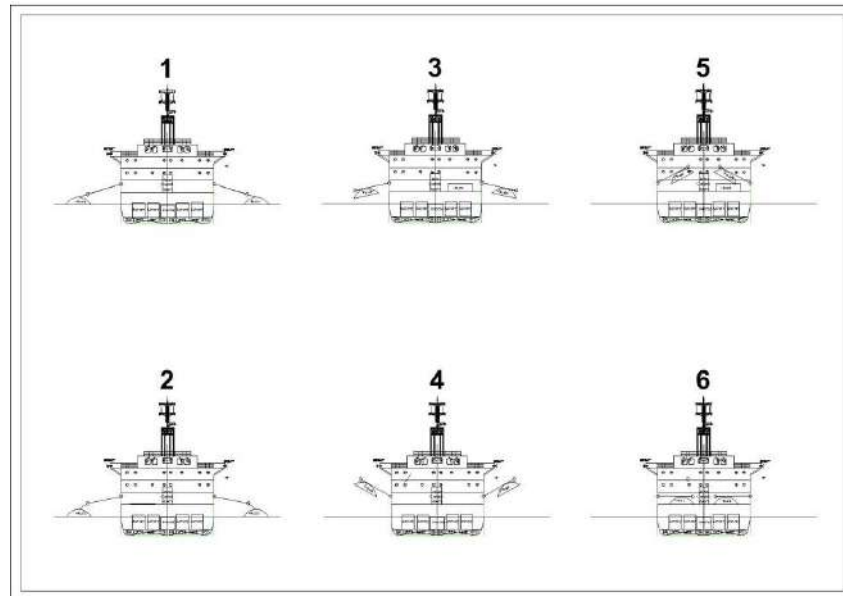
Apabila desain belum tercapai sesuai hasil perhitungan maka diperlukan modifikasi pada desain dengan cara merubah bentuk kapal secara perlahan dengan cara menarik *control point* pada gambar sedikit demi sedikit, agar perubahan bentuk garis tidak terlihat patah sebaiknya menggeser beberapa *control point* sekaligus dengan cara blok beberapa *control point* lalu tekan menu toolbar *control* -> *group* atau tekan Ctrl+G.



Gambar IV.16 *Lines Plan* Kapal Pembangkit Listrik

#### IV.10. Sistem Pengoperasian *Floats*

Dalam pengoperasian *floats* pada kapal pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut, posisi *floats* ditaruh pada geladak ketika sedang beroperasi menuju lokasi pengisian energi listrik. Hal ini dilakukan untuk mengurangi besarnya *displacement* dan hambatan pada kapal. Berikut alurnya:



Gambar IV.17 Alur Pengoperasian *Floats*

Panjang lengan *floats* yang digunakan adalah 10 m. Terdapat dua engsel pada lengan *floats*. Engsel pertama berada diujung lengan yang tersambung pada geladak (engsel A) dan engsel kedua berada pada 3 m dari *floats* (engsel B). Terdapat enam tahap dalam menaikkan *floats* pada geladak:

- Gambar pertama menunjukkan *floats* berada pada posisi saat mengisi energi listrik dimana *floats* dibentangkan pada permukaan air dengan sudut sebesar  $73^\circ$ .
- Gambar kedua menunjukkan engsel B mulai melipat lengan yang berada dari *floats*
- Gambar ketiga menunjukkan engsel B melipat lengan dengan rapat
- Gambar keempat menunjukkan yang bekerja adalah engsel A. Lengan *floats* diangkat sampai dengan ketinggian 11 m dari permukaan air laut.
- Gambar kelima menunjukkan lengan *floats* diputar  $180^\circ$
- Gambar keenam menunjukkan tahap akhir dimana *floats* sudah berada pada geladak kapal.

#### IV.11. Pembuatan *General Arrangement*

Rencana umum didefinisikan sebagai perencanaan ruangan yang dibutuhkan sesuai dengan fungsi dan perlengkapannya. Pengaturan peletakan yang diatur dalam *General arrangement* ini antara lain adalah posisi peletakan alat pembangkit listrik di dalam ruang muat, pembagian lokasi ruangan kerja pada rumah geladak beserta akses masuk dan keluarnya, peletakan peralatan dan *outfitting* lainnya.

Rencana umum dibuat berdasarkan rencana garis yang telah dibuat sebelumnya. Dengan *lines plan* secara garis besar bentuk badan kapal (*outline*) akan terlihat sehingga memudahkan dalam merencanakan serta menentukan pembagian ruangan sesuai dengan fungsinya masing-masing. Satu hal yang menjadi pokok dalam penyusunan Rencana Umum adalah faktor ekonomis. Hubungannya adalah bahwa kapal dengan GT atau volume ruangan tertutup pada kapal yang akan menjadi patokan dalam pengenaan pajak pada kapal ketika bersandar di pelabuhan. Kapal dengan ruangan-ruangan besar pada kapal akan menyebabkan GT kapal menjadi besar sehingga pajak yang dikenakan juga besar. GT tersebut dikenakan pada kapal sepanjang umur kapal menjadikan kapal tersebut menjadi tidak efisien dari segi ekonomis. Efisiensi tersebut bisa didapatkan dari penyusunan ruangan yang tepat serta penempatan pintu-pintu yang efektif diantara ruangan-ruangan tersebut.

Penyusunan yang baik juga memperhatikan faktor manusia yang akan tinggal di kapal tersebut. Kebutuhan rohani dan jasmani awak kapal harus bisa terpenuhi. Unsur keindahan dan kenyamanan juga menjadi perhatian dalam membuat Rencana Umum. Faktor konstruksi juga menjadi perhatian dalam pembagian ruangan-ruangan tersebut.

Menurut "*Ship Design and Construstion*" (Taggart, 1980), karakteristik rencana umum dibagi menjadi 4 bagian antara lain:

- Penentuan lokasi ruang utama
- Penentuan batas-batas ruangan
- Penentuan dan pemilihan perlengkapan yang tepat
- Penentuan akses (jalan atau lintasan) yang cukup

Langkah pertama dalam menyelesaikan permasalahan rencana umum adalah menempatkan ruangan-ruangan utama beserta batas-batasnya terhadap lambung kapal dan bangunan atas. Adapun ruangan utama dimaksud adalah:

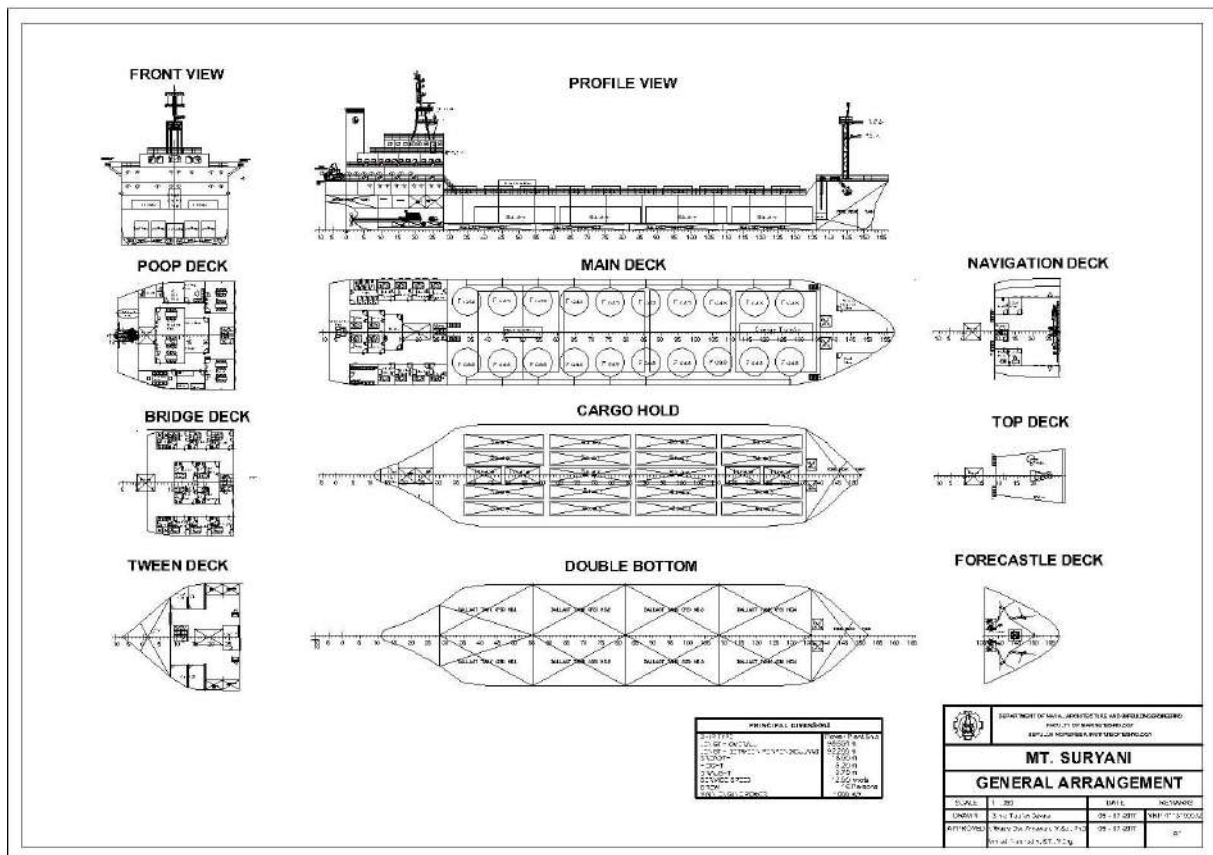
- Ruang muat baterai
- Geladak untuk *floats*
- Ruangan kerja



- Tangki-tangki (bahan bakar, ballast, air tawar, dan lain-lain)
- Ruangan-ruangan lainnya

Pada saat yang bersamaan juga ditentukan kebutuhan lain yang harus diutamakan seperti:

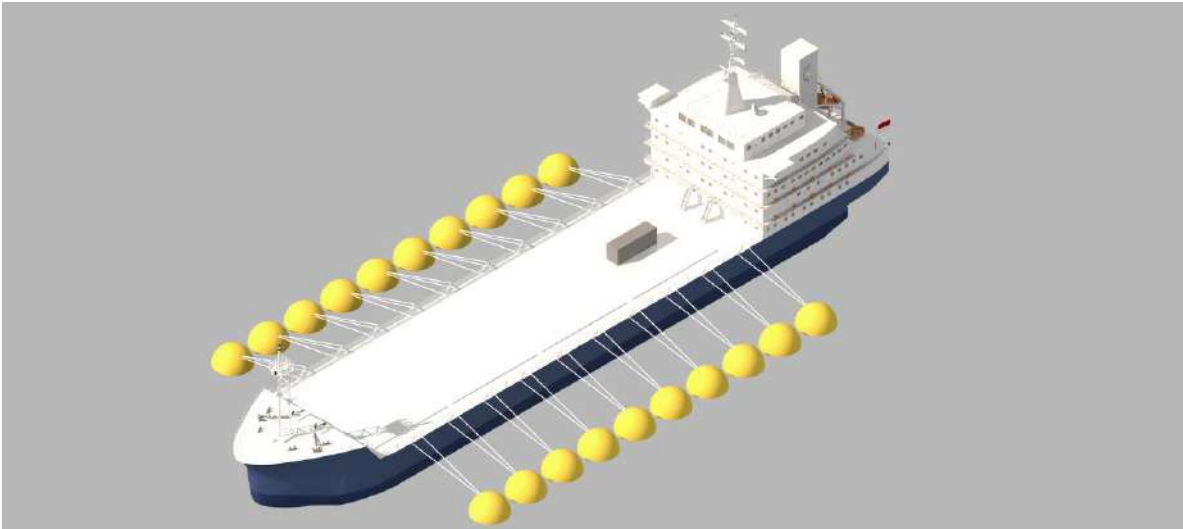
- Sekat kedap masing-masing ruangan
- Stabilitas yang cukup
- Struktur / konstruksi
- Penyediaan akses yang cukup



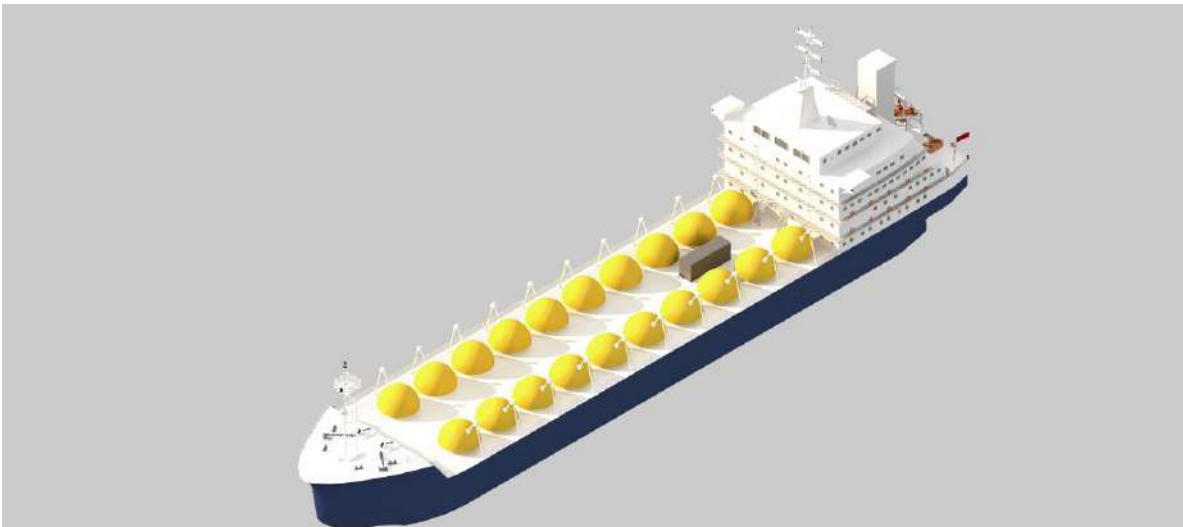
Gambar IV.18 General Arrangement

#### IV.12. Pembuatan Desain 3D

Setelah selesai membuat *General Arrangement* (Rencana Umum), langkah selanjutnya adalah membuat desain 3D untuk mengetahui bentuk kapal secara 3 dimensi. Pembuatan desain 3D menggunakan software *Sketch-Up*.



Gambar IV.19 Desain 3D ketika kapal mengambil energi



Gambar IV.20 Desain 3D ketika kapal berlayar

## BAB V

### ANALISIS EKONOMIS

#### V.1. Estimasi Biaya Pembangunan

Biaya pembangunan kapal dihitung dengan membagi komponen dalam beberapa bagian (Watson, 1998), yaitu: *deckhouse* berbahan baja, perlengkapan, permesinan dan kelistrikan.

Tabel V.1 Biaya Pembangunan

No	Item	Value	Unit
1	<b>Lambung Kapal (hull)</b>		
	(tebal pelat lambung = 14 mm, jenis material = baja)		
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2016 ( <a href="http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&amp;action=view&amp;id=1890">http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&amp;action=view&amp;id=1890</a> )		
	Harga	674.51	USD/ton
	Berat hull	417.62	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	281688.87	USD
2	<b>Geladak Kapal (deck)</b>		
	(tebal pelat geladak = 11 mm, jenis material = baja)		
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2016 ( <a href="http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&amp;action=view&amp;id=1890">http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&amp;action=view&amp;id=1890</a> )		
	Harga	674.51	USD/ton
	Berat geladak	111.26	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	75047.84	USD
3	<b>Konstruksi Lambung</b>		
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2016 ( <a href="http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&amp;action=view&amp;id=1890">http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&amp;action=view&amp;id=1890</a> )		
	Harga	674.51	USD/ton
	Berat konstruksi	104.405	ton
	Harga Konstruksi Lambung	70422.2	USD
4	<b>Elektroda</b>		
	(diasumsikan 6% untuk elektroda)		
	Sumber: Watson		
	Harga	2526	USD/ton
	Berat baja kapal total (hull, deck, konst)	37.997	ton
	Harga Total	95981	USD
<b>Total Harga Baja Kapal</b>		<b>523140</b>	<b>USD</b>

No	Item	Value	Unit
1	<b>Railing dan Tiang Penyangga</b>		
	<i>(pipa aluminium d = 50 mm, t = 3 mm)</i>		
	<i>Sumber: www.metaldepot.com</i>		
	Harga	35.00	USD/m
	Panjang railing dan tiang penyangga	367.13	m
	Harga Railing dan Tiang Penyangga	12,850	USD
2	<b>Floats</b>		
	<i>(diameter = 5 m, berbahan FRP)</i>		
	<i>Sumber: www.google.com</i>		
	Harga	9,876.5	USD/Unit
	Jumlah	20	unit
		197,531	USD
4	<b>Baterai</b>		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Harga	1,200.0	USD/Unit
	Jumlah	18	unit
		21,600	USD
5	<b>Inverter</b>		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Harga	149.7	USD/Unit
	Jumlah	4	unit
		599	USD
4	<b>Kabel</b>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	50	unit
	Harga per unit	2	USD
	Harga Kabel	94	USD
5	<b>Jangkar</b>		
	Jumlah	2	unit
	Harga per unit	1,000	USD
	Harga jangkar	2,000	USD
6	<b>Peralatan Navigasi &amp; Komunikasi</b>		
	<b>a. Peralatan Navigasi</b>		
	<b>Radar</b>	2,600	USD
	<b>Kompas</b>	60	USD
	<b>GPS</b>	850	USD
	<b>Lampu Navigasi</b>		
	- Masthead Light	9.8	USD
	- Anchor Light	8.9	USD

- Starboard Light	12	USD
- Portside Light	12	USD
<b>Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)</b>	17,500	USD
<i>Automatic Identification System (AIS)</i>	4,500	USD
<b>Telescope Binocular</b>	60	USD
Harga Peralatan Navigasi	<b>25,613</b>	
<b>b. Peralatan Komunikasi</b>		
<i>Radiotelephone</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	172	USD
Harga total	<b>172</b>	USD
<i>Digital Selective Calling (DSC)</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	186	USD
Harga total	<b>186</b>	USD
<i>Navigational Telex (Navtex)</i>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	12,500	USD
Harga total	<b>12,500</b>	USD
<b>EPIRB</b>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	110	USD
Harga total	<b>110</b>	USD
<b>SART</b>		
Jumlah	2	Set
Harga per set	450	USD
Harga total	<b>900</b>	USD
<b>SSAS</b>		
Jumlah	1	Set
Harga per set	19,500	USD
Harga total	<b>19,500</b>	USD
<i>Portable 2-way VHF Radiotelephone</i>		
Jumlah	2	Unit
Harga per unit	87	USD
Harga total	<b>174</b>	USD
Harga Peralatan Komunikasi	<b>33,542</b>	USD
<b>7 Freefall Lifeboat</b>		

8	Jumlah	1	Unit
	Harga per unit	30,000	USD
	Harga total	30,000	USD
9	<b>Lifeboat</b>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	20,000	USD
10	Harga total	40,000	USD
	<b>Tali Tambat</b>		
	Jumlah	2	Unit
11	Harga per unit	405	USD
	Harga total	810	USD
	<b>Side Scuttle</b>		
12	Jumlah	12	Unit
	Harga per unit	192	USD
	Harga total	2,304	USD
13	<b>Pintu Kedap</b>		
	Jumlah	8	Unit
	Harga per unit	450	USD
14	Harga total	3,600	USD
	<b>Lifebuoy</b>		
	Jumlah	4	Unit
15	Harga per unit	20	USD
	Harga total	80	USD
	<b>Total Harga Equipment &amp; Outfitting</b>		
		370622	USD

No	Item	Value	Unit
1	<b>Mesin</b>		
	<i>(Wartsila)</i>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	850000	USD/unit
	Harga engine	850000	USD
2	<b>Komponen Kelistrikan</b>		
	<i>Power Control Unit</i>	599	USD
	ACOS	412	USD
	<i>AC/DC Inverter</i>	150	USD
	Saklar, kabel, dll	100	USD
	<i>Fuel Cell Stack</i>	1,400	
	Harga Komponen Kelistrikan	2,660	USD
3	<b>Genset</b>		
	<i>(1 unit Genset)</i>		
	Jumlah Genset	2	unit
	Harga per unit	170000	USD/unit

	<i>Shipping Cost</i>	500	USD
	Harga Genset	340500	USD
<b>Total Harga tenaga penggerak</b>		<b>1193160</b>	<b>USD</b>

Biaya Pembangunan			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	523140	USD
2	Equipment	370622	USD
3	Tenaga Penggerak	1193160	USD
Total Harga (USD)		2086922	USD
Kurs Rp - USD (per 28 mei 2017, BI)		13361	Rp/USD
Total Harga (Rupiah)		27,883,359,762	Rp

### Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012

No	Item	Value	Unit
1	<b>Keuntungan Galangan</b>		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Keuntungan Galangan	2,788,335,976	Rp
2	<b>Biaya Untuk Inflasi</b>		
	2% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Inflasi	557,667,195.24	Rp
3	<b>Biaya Pajak Pemerintah</b>		
	10% dari biaya pembangunan awal		
	Biaya Dukungan Pemerintah	2,788,335,976.22	Rp
4	<b>Non-Weight Cost</b>		
	10% dari biaya pembangunan awal		
		2,788,335,976.22	
<b>Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi</b>		<b>6,134,339,147.68</b>	<b>Rp</b>

$$\begin{aligned}
&= \text{Biaya Pembangunan} + \text{Profit Galangan} + \text{Biaya Inflasi} + \text{Bantuan Pemerintah} + \text{Non-Weight Cost} \\
&= 27,883,359,762 + 2,788,335,976 + 557,667,195 + 2,788,335,976 \\
&= \mathbf{Rp\ 36,806,034,886.11}
\end{aligned}$$

Berdasarkan Tabel V.1 dilakukan perhitungan besarnya harga kapal dan didapatkan total harga kapal adalah **Rp 36,806,034,886.11**

### V.2. Estimasi Biaya Operasional

Perhitungan biaya operasional ditentukan untuk biaya rutin yang harus dikeluarkan owner kapal setiap tahun. Beberapa faktor yang mempengaruhi besarnya biaya operasional di

antaranya biaya perawatan kapal, asuransi, gaji kru kapal, cicilan pinjaman bank, serta biaya bahan bakar.

Tabel V.2 Biaya Operasional

<b>Pinjaman Bank</b>		
<b>Biaya</b>	<b>Nilai</b>	<b>Unit</b>
Building Cost	36,806,034,886	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	23,923,922,676	Rp
Bunga Bank	13.5%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	3,229,729,561	Per tahun
Masa Pinjaman	4	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	9,210,710,230	Rp

<b>Biaya Perawatan</b>		
<i>Diasumsikan 10% total dari building cost</i>		
Total maintenance cost	Rp 3,680,603,489	per tahun

<b>Asuransi</b>		
<i>Diasumsikan 2% total dari building cost</i>		
Biaya asuransi	Rp 736,120,698	per tahun

<b>Gaji Komplemen Kapal</b>		
Jumlah komplemen kapal	16	
Gaji komplemen kapal per bulan	Rp 263,000,000	
Gaji komplemen kapal per tahun	Rp 3,156,000,000	

<b>Fuel Oil</b>		
Kebutuhan Bahan Bakar	0.87	m3/trip
Harga bahan bakar	Rp 5,150,000	per/m3
Harga bahan bakar	Rp 4,479,435.71	per hari
Harga bahan bakar	Rp 134,383,1	per bulan
Harga bahan bakar	Rp 1,612,596,857	per tahun



<b>OPERATIONAL COST</b>		
<b>Biaya</b>	<b>Nilai</b>	<b>Masa</b>
<b>Cicilan Pinjaman</b>	Rp 9,210,710,230	per tahun
<b>Gaji Komplemen</b>	Rp 3,156,000,000	per tahun
<b>Biaya Perawatan</b>	Rp 3,680,603,489	per tahun
<b>Asuransi</b>	Rp 736,120,698	per tahun
<b>Fuel Oil</b>	Rp 1,612,596,857	per tahun
<b>Total</b>	Rp 18,396,031,274	per tahun

Dari tabel V.2 dapat disimpulkan bahwa total pengeluaran setiap tahun untuk biaya perawatan, asuransi, gaji komplemen kapal, bahan bakar, *fresh water*, serta biaya *port charges* adalah sebesar **Rp. 18,396,031,274.**

### **V.3. Estimasi Harga Listrik**

Meskipun kapal tidak ditujukan untuk mencari keuntungan secara finansial karena ditujukan untuk mengaliri listrik pada daerah terpencil dan mendukung Program Papua Terang 2020 dari pemerintah Indonesia, pada bagian ini, akan dilakukan perhitungan jumlah energi listrik pada Kota Serui yang didapatkan sebagai berikut:

- Harga Listrik 2017 dari PLN (Rp/ kWh) = Rp 1.467,28
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per hari = 36000 kWh x Rp 1.467,28  
= Rp 52.822.080,-
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per bulan = 30 x Rp 52.822.080,-  
= Rp 1.584.662.400,-
- Harga Energi Listrik yang dihasilkan per tahun = 12 x Rp 1.584.662.400,-  
= Rp 19.015.948.800,-

Jadi, besar harga energi listrik yang dihasilkan per tahun untuk Kota Serui adalah **Rp 19.015.948.800,-.**

#### V.4. Estimasi Keuntungan Bersih

Estimasi keuntungan bersih yang didapatkan dihitung per bulan dengan hasil sebagai berikut:

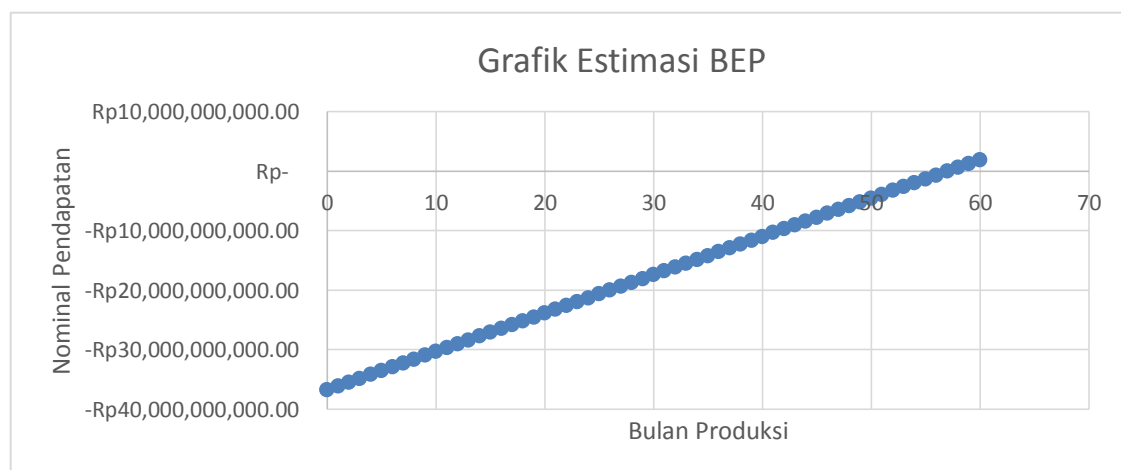
Tabel V.3 Estimasi Keuntungan Bersih

Item	Nominal	
Biaya Investasi	Rp	36,806,034,886.11
Modal Bank 70%	Rp	25,764,224,420.27
Hutang perbulan bunga 12.5%	Rp	53,675,467.54
Keuntungan kotor	Rp	1,584,662,400.00
Biaya Operasional (Gaji)	Rp	263,000,000.00
Biaya perawatan	Rp	306,716,957.38
Biaya Takterduga 5 %	Rp	79,233,120.00
Pajak penghasilan Usaha 25%	Rp	237,699,360.00
Keuntungan Bersih	<b>Rp</b>	<b>644,337,495.07</b>

Dari Tabel V.6 dapat dilihat bahwa keuntungan bersih yang didapat selama satu bulan diestimasikan sebesar **Rp 644,337,495.07**.

#### V.5. Estimasi Break Even Point

Dalam kondisi idealnya, semakin cepat terjadinya BEP akan semakin baik, namun dalam realitanya kondisi terjadinya BEP cenderung memakan waktu yang lama berbanding lurus dengan biaya produksi yang dikeluarkan.



Gambar V.1 Grafik Estimasi Break Even Point

Tabel V.4 Estimasi Break Even Point

Bulan	Nominal (Rp)	Bulan	Nominal (Rp)	Bulan	Nominal (Rp)
-------	--------------	-------	--------------	-------	--------------

ke		ke		ke	
0	-36,806,034,886	21	- 23,274,947,490	42	-9,743,860,093
1	- 36,161,697,391	22	- 22,630,609,994	43	-9,099,522,598
2	- 35,517,359,896	23	-21,986,272,499	44	-8,455,185,103
3	- 34,873,022,401	24	-21,341,935,004	45	-7,810,847,608
4	- 34,228,684,906	25	-20,697,597,509	46	-7,166,510,113
5	- 33,584,347,411	26	-20,053,260,014	47	-6,522,172,618
6	- 32,940,009,916	27	-19,408,922,519	48	-5,877,835,123
7	- 32,295,672,421	28	-18,764,585,024	49	-5,233,497,628
8	- 31,651,334,926	29	- 18,120,247,529	50	-4,589,160,132
9	- 31,006,997,430	30	-17,475,910,034	51	-3,944,822,637
10	- 30,362,659,935	31	- 16,831,572,539	52	-3,300,485,142
11	- 29,718,322,440	32	- 16,187,235,044	53	-2,656,147,647
12	- 29,073,984,945	33	- 15,542,897,549	54	-2,011,810,152
13	- 28,429,647,450	34	- 14,898,560,054	55	-1,367,472,657
14	- 27,785,309,955	35	- 14,254,222,559	56	-723,135,162
15	- 27,140,972,460	36	- 13,609,885,063	57	-78,797,667
16	- 26,496,634,965	37	- 12,965,547,568	58	565,539,828
17	- 25,852,297,470	38	- 12,321,210,073	59	1,209,877,323
18	- 25,207,959,975	39	-11,676,872,578	60	1,854,214,818
19	- 24,563,622,480	40	- 11,032,535,083		
20	- 23,919,284,985	41	- 10,388,197,588		

Dari Tabel V.4 dapat ditarik kesimpulan bahwa BEP akan terjadi pada tahun ke 4 atau bulan ke 58 operasional Kapal Pembangkit Listrik dengan estimasi pengambilan keuntungan bersih sebesar Rp644,337,495.07. Sehingga dari Tabel V.4 dapat digambarkan dengan grafik pada Gambar V.1

Halaman ini sengaja dikosongkan

## **BAB VI**

### **KESIMPULAN DAN SARAN**

#### **VI.1. Kesimpulan**

Setelah dilakukan percobaan dan penelitian maka kesimpulan dari Tugas Akhir ini adalah sebagai berikut:

1. Dari keseluruhan wilayah Kota Serui, hanya 66.67% (5.6 MW dari 8.4 MW) yang sudah teraliri listrik. Dibutuhkan dua buah kapal untuk memenuhi seluruh kebutuhan listrik Kota Serui.
2. Ukuran Utama kapal pembangkit listrik, yaitu:
  - L (Panjang) = 95.88 m
  - B (Lebar) = 18.5 m
  - H (Tinggi) = 5.2 m
  - T (Sarat) = 3.75 m
3. Daya listrik yang dihasilkan oleh masing-masing kapal pembangkit listrik adalah 36 MWh dengan *floats* berjumlah 20, baterai berjumlah 18 dan dapat digunakan selama 12.5 jam.
4. Gambar *Lines Plan*, *General Arrangement*, dan 3D telah memenuhi aspek yang ada dalam perencanaan kapal, dan sesuai dengan peraturan yang ada, hasil dapat dilihat pada Lampiran.

#### **VI.2. Saran**

1. Perlunya pengkajian lanjutan tentang pembangkit listrik dengan tenaga gelombang air laut, secara ekonomis dan operasional.
2. Perlunya dilakukan analisa lanjutan mengenai detail konstruksi
3. Perlunya dilakukan analisa lanjutan mengenai *mooring system*.
4. Tata letak dari beberapa peralatan pendukung pembangkit listrik masih menggunakan estimasi.
5. Perhitungan berat kapal pembangkit listrik masih menggunakan perhitungan pendekatan.

Halaman ini sengaja dikosongkan

## DAFTAR PUSTAKA

- Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika (2016, Januari 4 2017). Prakiraan Tinggi Gelombang Satu Tahun Kedepan. Dipetik Januari 4, 2016, dari [maritim.bmkg.go.id](http://maritim.bmkg.go.id): [http://maritim.bmkg.go.id/prakiraan/satu\\_tahun\\_kedepan](http://maritim.bmkg.go.id/prakiraan/satu_tahun_kedepan).
- Detik (2016, Oktober 27). Mengintip Kondisi Kelistrikan Di Papua Hari ini. Dipetik November 13, 2016, dari [detik.com](https://finance.detik.com): <https://finance.detik.com/wawancara/3330392/mengintip-kondisi-kelistrikan-di-papua-hari-ini>.
- Geospasial (2009, November 25). Peta Pulau Papua. Dipetik November 13, 2016, dari [geospasial.bnpb.go.id](http://geospasial.bnpb.go.id): <http://geospasial.bnpb.go.id/2009/11/25/peta-pulau-papua>.
- Hariyanto, Dimas. 2015. *Desain Power Plant Barge 20 MW Tenaga Gas Sebagai Unit Pembantu Wilayah Kepulauan Selayar Sulawesi Selatan*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Intact Stability (IS) Code. *Intact Stability for All Types of Ships Covered By IMO Instruments Resolution*.
- Kamaluddin. 2016. *Desain Kapal Pembangkit Listrik Tenaga Gas Untuk Wilayah Indonesia*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kurniawati, Hesty Anita. 2015. *Ship Outfitting*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- Kurniawati, Hesty Anita. 2015. *Statutory Regulations*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.
- New Scientist (2011, Juli 6). *Wave-Power Ships Could Bring Cheaper Clean Electricity*. Dipetik November 12, 2016, dari [newscientist.com](https://www.newscientist.com): <https://www.newscientist.com/article/mg21128205-600-wave-power-ships-could-bring-cheaper-clean-electricity>/<https://www.newscientist.com/article/mg21128205-600-wave-power-ships-could-bring-cheaper-clean-electricity/>.

Saputro, Lendy Hari. 2016. *Desain Barge Pembangkit Listrik Tenaga Konversi Panas Air Laut Untuk Wilayah Kepulauan Talaud, Sulawesi Utara*. Surabaya: Departemen Teknik Perkapalan, Fakultas Teknologi Kelautan. Institut Teknologi Sepuluh Nopember.

Wavestar Energy (2015, Januari 5). Concept of Wavestar Energy Machine. Dipetik Desember 25, 2016, dari [wavestarenergy.com](http://wavestarenergy.com): <http://wavestarenergy.com/concept>.

Wikipedia (2016, Desember 15). *Listrik*. Dipetik Desember 28, 2016, dari Wikipedia.org: <https://id.wikipedia.org/wiki/Listrik>.

Wikipedia (2016, Desember 15). *Kapal Pembangkit Listrik*. Dipetik Desember 28, 2016, dari Wikipedia.org: [https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal\\_Pembangkit\\_Listrik](https://id.wikipedia.org/wiki/Kapal_Pembangkit_Listrik).



**LAMPIRAN A**

**PERHITUNGAN TEKNIS**

## 2. Coefficient Calculation

Input Data :

Lo =	92.200 m	Lo/Bo =	4.984	B/H =	3.557692308
Ho =	5.200 m	Bo/To =	4.933		
Bo =	18.500 m	To/Ho =	0.721		
To =	3.750 m	Vs =	12 kn = 6.1728 m/s		
Fn =	0.2013	ρ =	1.025 ton/m <sup>3</sup>		

### Perhitungan :

#### A. Froude Number Dasar *Principle of Naval Architecture Vol.II hlm.154*

$$F_{no} = \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}}$$

$$= \frac{6.1728}{\sqrt{9.81 \cdot 95.888}} = 0.201263755$$

$$0.15 \leq F_n \leq 0.3$$

#### B. Perhitungan ratio ukuran utama kapal :

$$\begin{aligned} Lo/Bo &= 121.524/19.2 = 4.9838 \rightarrow 3.5 < L/B < 10 \\ Bo/To &= 19.2/8.16 = 4.9333 \rightarrow 1.8 < B/T < 5 \\ Lo/To &= 121.52/8.16 = 24.587 \rightarrow 10 < L/T < 30 \end{aligned}$$
*Principle of Naval Architecture Vol.I hlm.19*

#### C. Block Coefficient (Watson & Gilfillan) :

$$C_b = 1 - 1.26 (B/L + 1) \frac{V_s}{\sqrt{g \cdot L}} \rightarrow$$

$$= 0.762$$
*Parametric design halaman 11-11*

#### D. Midship Section Coefficient (Series 60')

$$C_m = 0.977 + 0.085(C_b - 0.6)$$

$$= 0.991$$
*Parametric design halaman 11-12*

#### E. Waterplan Coefficient

$$C_{wp} = C_b / (0.471 + 0.551 C_b)$$

$$= 0.856$$
*Parametric design halaman 11-16*

#### F. Longitudinal Center of Bouyancy (LCB)

$$LCB = 8.80 - 38.9 F_n = 1.4252 \%$$

$$= 47.414 \text{ LCB dari Ap} \quad 44.786$$
*Parametric design halaman 11-19*

#### G. Prismatic Coefficient

$$C_p = C_b / C_m$$

$$= 0.769$$

$$Lwl = 1.04 L_{pp}$$

$$= 95.888 \text{ m}$$

#### H. Volume Karena dan Displacement

$$\begin{aligned} \nabla \text{ (m}^3\text{)} &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \\ &= 5070.690 \text{ m}^3 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \Delta \text{ (ton)} &= L \cdot B \cdot T \cdot C_B \cdot \gamma \\ &= 5197.46 \text{ ton} \end{aligned}$$

3. Resistance Calculation							
[ Holtrop & Mennen Method]							
Input Data :							
Lo =	92.2 m	Cb =	0.762				
Ho =	5.200 m	Cm =	0.991				
Bo =	18.500 m	Cwp =	0.856				
To =	3.750 m	Cp =	0.769				
Fn =	0.2013						
Choice No.	Cstern	Used for					
1	-25	Pram with Gondola					
2	-10	V - Shaped Sections					
3	0	Normal Sectional Shape					
4	10	U - Shaped Section With Hogner Stern					
Calculation :							
A.	Viscos Resistance ( Hambatan Viskositas)						
Lwl =	104%.Lpp =	95.888 m		$Fn = \frac{Vs}{\sqrt{gL}} = \frac{7,4588}{\sqrt{9,81 \times 121,524}} =$	0.205		
• CF0 ( Friction Coefficient - ITTC 1957)				(Principle of Naval Architecture Vol II hlm.100)			
$Rn = L_{wl} \cdot \frac{Vs}{\nu}$		$\nu =$	1.18831E-06 viscous kinematic				
=	498100198.1						
$CF0 = \frac{0.075}{(\log Rn - 2)^2}$							
CF0 =	0.002						
• Harga 1 + k1				Principle of Naval Architecture Vol II hlm.98			
$1 + k1 = 0.93 + 0.487 \cdot \left(\frac{B}{L}\right)^{1.0681} \cdot \left(\frac{T}{L}\right)^{0.4611} \cdot \left(\frac{L}{L_R}\right)^{0.1216} \cdot \left(\frac{L^3}{\nabla}\right)^{0.3649} \cdot (1 - C_p)^{0.6042}$							
=	1.284						
c =	1+ 0.011 cstern	cstern = 0, karena bentuk Afterbody normal					
=	1						
$LR/L = 1 - C_p + \frac{0.06 C_p \cdot LCB}{(4C_p - 1)}$							
=	0.260						
Lwl^3 / V =						LCB = 1.425 %	
=	173.870					LCB = 1.314 m	
Resistance of Appendages							
• Wetted Surface Area				Principle of Naval Architecture Vol II hlm.101			
ABT=	cross sectional area of bulb in FP						
=	0						
$S = L(2T + B)C_M^{0.5} (0.4530 + 0.4425C_B - 0.2862C_M - 0.003467\frac{B}{T} + 0.3696C_{WP}) + 2.38\frac{A_{BT}}{C_B}$							
=	1999.716						
$SRudder = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot C_4 \cdot \frac{1.75 \cdot L \cdot T}{100}$				Biro Klasifikasi Indonesia 2006 Vol.II 14-1			
=	12.101						
SBilge Keel = LKeel . HKeel .		LKeel = 0.6 . Cb . L		HKeel = 1.8 / (Cb- 0.2)		Watson 1998, hal 254	
=	53.999	=	42.168	=	0.320		
Sapp = total wetted surface of appendages							
=	SRudder + SBilge Keel						
=	66.100						
Stot = wetted surface of bare hull and appendages							
=	S + Sapp						
=	2065.815						
• Harga 1 + k2				Principle of Naval Architecture Vol II hlm.102			
$(1+k2)_{effective} = \frac{\sum S_i (1 + k_2)_i}{\sum S_i}$							
=	1.4						
Harga (1+k2)	1.3 - 1.5	→ rudder of singlescrewship					
=	1.4	→ for Bilge Keel					
$1 + k = 1 + k_1 + [1 + k_2 - (1 + k_1)] \frac{S_{app}}{S_{tot}}$							
=	1.288						

Wave Making Resistance									
	$C_1 = 2223105 \cdot C_4^{-3.7861} \left( \frac{T}{B} \right)^{1.0796} (90 - i_E)^{-1.3757}$								
	= 3.175								
	$C_4 = B/L \rightarrow 0.11 \leq B/L \leq 0.25$			$B/L =$	0.193				
	= 0.193								
Even Keel →	$T_a = T$ $T_f = T$								
	$i_E = 12567 \frac{B}{L} - 162250 C_p^2 + 23432 C_p^3 + 0.155 \left( LCB + \frac{6.8(T_o - T)}{T} \right)^3$								Principle of Naval Architecture Vol II hlm.103
	= 35.264								
•	Harga m1								
	$m_1 = 0.01404 \frac{L}{T} - 1.7525 \nabla^{\frac{1}{3}} / L - 4.7932 B / L - C_5$								
	= -2.068								
	$C_5 = 8.03798 C_p - 13.8673 C_p^2 + 6.9844 C_p \rightarrow C_p \leq 0.8$								
	= 1.189								
•	Harga m2								
	$m_2 = C_6 \cdot 0.4 e^{-0.034 F_n^{-3.29}}$			$Fn^{-3.29} =$	195.259				
	= -0.000886618			$e^{-0.034 F_n^{-3.29}} =$	0.00131				
	$C_6 = -1.694 \rightarrow L^3 / \nabla \leq 512$			$= \frac{L^3}{\nabla}$	173.870				
•	Harga λ								
	$\lambda = 1.446 C_p - 0.03 L/B \rightarrow L/B \leq 12$								
	= 0.957								
•	Harga C2								
	$C_2 = 1 \rightarrow$ without bulb			$d =$	-0.9				
•	Harga C3			$AT =$	0				
	$C_3 = 1 - 0.8 AT / (B.T.CM)$			$AT =$	the immersed area of the transom at zero speed				
	$= 1 - 0.8, 16 / (19.2, 8, 16, 0.987)$			Saat V =	0, Transom tidak tercelup air				
	= 1								
•	Harga $R_w / w$								
	$\frac{R_w}{W} = C_1 \cdot C_2 \cdot C_3 \cdot e^{\{m_1 \cdot F_n^{-d} + m_2 \cos(\lambda F_n^{-2})\}}$								
	= 0.0005								
•	CA (Correlation Allowance)								
	$CA = 0.006 (Lwl + 100)^{-0.16} - 0.00205$			$\rightarrow Tf/Lwl \geq 0.04$	$Tf/Lwl =$	0.039			
	= 0.0005								
•	W (gaya berat)								
	$W = \rho \cdot g \cdot \nabla$								
	= 50987.055 N								
•	Rtotal								
	$RT = \frac{1}{2} \rho V^2 S_{ref} [C_F (1 + k) + C_A] + \frac{R_w}{W} W$								
	= 108210.322 N								
	= 108.210 kN								
•	Rtotal+15%(margin)								
	= 124.442 kN								

## Propulsion & Power Calculation

### Input Data :

$R_T =$	124.442	$D =$	2.261
$P/D =$	0.933	$Z =$	4
$n \text{ (rpm)} =$	230.77	$AE/AO =$	0.55
$n \text{ (rps)} =$	3.846	$PE \text{ (kW)} =$	768.155
$Fn =$	0.201	$\rho =$	1.025
$C_{0.7R} =$	0.592757648	$Rn \text{ propeler} =$	498100198.10

### Perhitungan :

#### $\omega$ (Wake Friction)

$$C_V = (1+k) \cdot C_{FO} + C_A \quad \Rightarrow \text{Viscous Resistance Coefficient}$$

$$= (1+k) \cdot C_{FO} + C_A$$

$$= 0.003$$

$$\omega = 0,3 C_B + 10 C_V \cdot C_B - 0,1 \quad \rightarrow \quad t = 0,1 \quad \text{dan} \quad \eta_R = 0,98 \quad \Rightarrow \text{Wave Friction } (\omega)$$

$$= 0,3 \cdot 0,724 + 10 \cdot 0,0023 \cdot 0,724 - 0,2$$

$$= 0.149$$

#### Propulsive Coefficient ( $\eta_D$ )

$$J = \frac{V_A}{nD} \quad \omega_F = \frac{V - V_A}{V_A} \quad \Rightarrow \text{Speed of Advance } (V_A)$$

$$= \frac{6,46}{2,8846 \cdot 3,707} \quad = \frac{7,459 - 6,46}{6,46} \quad V_A = V (1-\omega)$$

$$= 0.604 \quad = 0.175 \quad = 7,459(1-0,134)$$

$$= 5.252$$

$$\eta_0 = \frac{J}{2\pi} \cdot \frac{K_T}{K_Q} \quad \text{---> Open Water Test Propeller Efficiency}$$

$$= 0.6 \quad \rightarrow \text{berdasarkan pengalaman}$$

$$\eta_H = \frac{1-t}{1-\omega} \quad \rightarrow \text{Principle of Naval Architecture Vol II hlm.163} \quad \text{---> Hull Efficiency}$$

$$= \frac{1-0,1}{1-0,134}$$

$$= 1.058$$

$$\eta_R = 0.98 \quad (\text{Rotative Efficiency}) \quad \text{Delivered Horse Power (DHP)}$$

$$\eta_D = \frac{P_E}{P_D} \quad P_E = R_T \cdot V_s \quad P_D = \frac{P_E}{\eta_H \eta_o \eta_r}$$

$$= 0.622 \quad = 124.442 \times 6.1728 \quad = \frac{2136,509}{0,139 \cdot 0,98 \cdot 0,6}$$

$$\text{Effective Horse Power (EHP)} \quad = 1235.089$$

#### Perhitungan PB

$$\eta_B \eta_s = 0.98 \quad \rightarrow \text{Parametric Design Hlm. 31}$$

$$\eta_t = 0.975$$

$$P_B = \frac{P_E}{\eta_H \eta_o \eta_r \eta_s \eta_b \eta_t} \quad \rightarrow \text{Parametric Design Hlm. 33} \quad \Rightarrow \text{Break Horse Power (BHP)}$$

$$= \frac{768.155}{1,039 \cdot 0,6 \cdot 0,98 \cdot 0,975 \cdot 0,98}$$

**Pemilihan Mesin Induk**      Wartsila 20 8L20

Daya =            1600 kW        = 2,146 HP  
RPM =            1000  
L =                3973 mm  
W =                1756 mm  
H =                2424 mm  
Dry mass =        11 ton  
SFRfuel =         188 g/kWh  
SFRlub =          0.6 g/kWh

**Pemilihan Genset**            429 kW E CAT 18 ACERT

Daya =    371.625 kW            min 25% BHP  
H =        1248 mm  
W =        969 mm  
L =        1438 mm  
Dry mass =    1.542 ton



**Main technical data**

Wartsila 20	IMO Tier II or III
Cylinder bore	302 mm
Piston stroke	280 mm
Cylinder output	186/1000 kW/hp
Rated	900/1000 rpm
Mean effective pressure	24/27.3 bar
Piston speed	8.5/9.3 m/s

**Rated power**

Engine type	ISO 3000 rpm	ISO 1000 rpm
4L20	740	800
6L20	1 110	1 200
8L20	1 480	1 600
16L20	2 960	3 200

**Dimensions (mm) and weights (tonnes)**

Engine type	A*	B*	C*	D*	E*	F*	Height
4L20	2 550	1 348	1 460	1 800	735	72	
6L20	3 254	1 628	1 348	1 800	1 079	804	9.5
8L20	3 979	1 628	1 405	1 800	1 719	1 800	11.0
16L20	4 281	1 628	1 405	1 800	1 719	1 800	11.8

\*See drawings for details.

**Operational features**

The Wartsila 20 is able to operate on different fuels, from the lowest viscosity of 3.8 cSt up to 700 cSt (HEO) fuel.



## Perhitungan Berat Permesinan

### Input Data :

D =	2.261	m	P <sub>D</sub> =	1235.09	kW
n =	230.77		P <sub>B</sub> =	1486.50	kW
Z =	4	buah			
AE/AO =	0.55				

Perhitungan :

### Main Engine

$$W_E = 12.5 \text{ ton}$$

### Propulsion Unit

#### • Gear Box

$$W_{\text{Gear}} = (0.3 \sim 0.4) \cdot \frac{P_B}{n}$$

$$= 2.577 \text{ ton} \quad 2.577 \text{ ton}$$

#### • Shaffing

$$\text{Panjang poros (l)} = 4.40 \text{ m}$$

$$M_s/l = 0.081 \left( \frac{P_B}{n} \right)^{\frac{2}{3}}$$

$$= 0.280$$

$$\text{Berat Poros} \quad M_s = M_s/l \cdot l$$

$$= 1.234 \text{ ton}$$

#### • Propeller

$$d_s = 11.5 \left( \frac{P_D}{n} \right)^{\frac{1}{3}}$$

$$= 20.116$$

$$K \approx \left( \left( \frac{d_s}{D} \right) \left( 1.85 \frac{A_E}{A_o} \right) - (Z-2) \right) / 100$$

$$= 0.071$$

$$W_{\text{Prop}} = D^3 \cdot K$$

$$= 0.815 \text{ ton}$$

#### • Total

$$W_{\text{T.Prop}} = W_{\text{Gear}} + M_s + W_{\text{Prop}}$$

$$= 4.625 \text{ ton}$$

<u>Electrical Unit</u>							
	•	$W_{Agg} = 0,001 \cdot P_B (15 + 0,014.P_B)$					
		$= 53.233 \text{ ton}$					
<u>Other Weight</u>							
	•	$W_{ow} = (0,04-0,07)P_B$					
		$= 23.041 \text{ ton}$					
	•	Total Machinery Weight	$=$	93.441	ton		
<u>Titik Berat Machinery Plant</u>							
	•	$h_{db} = (350+45.B) \text{ mm}$	BKI 2009 Vol 2 sec 8-3				
		1182.5					
		$= 1200.000 \text{ mm}$					
	•	$KG_m = hdb + 0.35( D' - hdb )$					
		$= 781.820 \text{ m}$					
	•	LCB =	4.610 m				
	•	LCG dari FP =	82.590 m				
	•	LCG <sub>mid</sub> =	36.490 m				



## Perhitungan Berat Baja Kapal

No	Type kapal	CSO
1	Bulk carriers	0.07
2	Cargo ship (1 deck)	0.07
3	Cargo ship (2 decks)	0.076
4	Cargo ship (3 decks)	0.082
5	Passenger ship	0.058
6	Product carriers	0.0664
7	Reefers	0.0609
8	Rescue vessel	0.0232
9	Support vessels	0.0974
10	Tanker	0.0752
11	Train ferries	0.65
12	Tugs	0.0892
13	VLCC	0.0645

→ Hal 154 Schneekluth

Koefisien titik berat	
Type kapal	CKG
Passanger ship	0.67 – 0.72
Large cargo ship	0.58 – 0.64
Small cargo ship	0.60 – 0.80
Bulk carrier	0.55 – 0.58
Tankers	0.52 – 0.54

Input Data :

$L_o = 92.200 \text{ m}$   
 $H_o = 5.200 \text{ m}$   
 $B_o = 18.500 \text{ m}$   
 $T_o = 3.750 \text{ m}$   
 $F_n = 0.201$

Perhitungan :

### Volume Superstructure

#### • Volume Forecastle

panjang ( $L_f$ ) = asumsi  
 $= 12.932 \text{ m}$   
 lebar ( $B_f$ ) = asumsi  
 $= 16.709 \text{ m}$   
 tinggi ( $h_f$ ) = asumsi 2,4 m  
 $= 2.4 \text{ m}$   
 $V_{\text{Forecastle}} = 0,5 \cdot L_f \cdot B_f \cdot h_f$   
 $= 259.3034 \text{ m}^3$

#### • Volume Poop

panjang ( $L_p$ ) = asumsi 2,4 m  
 $= 16.800 \text{ m}$   
 lebar ( $B_p$ ) = selebar kapal  
 $= 18.500 \text{ m}$   
 tinggi ( $h_p$ ) = asumsi 2,4 m  
 $= 2.4 \text{ m}$   
 $V_{\text{Poop}} = L_p \cdot B_p \cdot h_p$   
 $= 745.92 \text{ m}^3$

			• <b>Volume Total</b>				
			$V_A = V_{\text{Forecastle}} + V_{\text{Poop}}$				
			$= 1005.223 \text{ m}^3$				
			<u>Volume Deckhouse</u>				
			• <b>Volume Layer II</b>				
			panjang ( $L_{D2}$ ) = asumsi				
			$= 16.800 \text{ m}$				
			lebar ( $B_{D2}$ ) =				
			$= 18.5000 \text{ m}$				
			tinggi ( $h_{D2}$ ) = asumsi 2,4 m				
			$= 2.4$				
			$V_{\text{DH-layer II}} = L_{D2} \cdot B_{D2} \cdot h_{D2}$				
			$= 745.92 \text{ m}^3$				
			• <b>Volume Layer III</b>				
			panjang ( $L_{D3}$ ) = asumsi				
			$= 0.000 \text{ m}$				
			lebar ( $B_{D3}$ ) =				
			$= 18.500 \text{ m}$				
			tinggi ( $h_{D3}$ ) = asumsi 2,4m				
			$= 2.4 \text{ m}$				
			$V_{\text{DH-layer III}} = L_{D3} \cdot B_{D3} \cdot h_{D3}$				
			$= 0 \text{ m}^3$				
			• <b>Volume Layer IV</b>				
			panjang ( $L_{D4}$ ) = asumsi				
			$= 11.400 \text{ m}$				
			lebar ( $B_{D4}$ ) =				
			$= 18.500 \text{ m}$				
			tinggi ( $h_{D4}$ ) = asumsi 2,4m				
			$= 2.4 \text{ m}$				
			$V_{\text{DH-layer III}} = L_{D4} \cdot B_{D4} \cdot h_{D4}$				
			$= 506.16 \text{ m}^3$				
			• <b>Volume wheel house</b>				
			panjang ( $L_{WH}$ ) = asumsi				
			$= 11.400 \text{ m}$				
			lebar ( $B_{WH}$ ) =				
			$= 9.299 \text{ m}$				
			tinggi ( $h_{WH}$ ) = asumsi 2,4m				
			$= 2.4 \text{ m}$				
			$V_{\text{DH-w heel house}} = L_{WH} \cdot B_{WH} \cdot h_{WH}$				
			$= 254.407 \text{ m}^3$				
			• <b>Volume Total</b>				
			$V_{\text{DH}} = V_{\text{DH-layer II}} + V_{\text{DH-layer III}} + V_{\text{DH-layer IV}} + V_{\text{DH-w heel house}}$				
			$= 1506.49 \text{ m}^3$				
<b>Berat Baja</b>	<i>Ship Design for Efficiency and Economy hlm. 154</i>						
			• $D_A$ = tinggi kapal setelah dikoreksi dengan supersructure & deckhouse				
			$= H + (V_A + V_{\text{DH}}) / (L \cdot B)$				
			$= 6.672539 \text{ m}$				
			• $C_{SO}$ = Cargo Deck 1				
			$= 0.07 \text{ t/m}^3$				
			• $\Delta_{\text{kapal}}$ = 5197.457 ton				
			• $II = ( \Delta )$				

## Center Gravity of LWT

Input Data :

$$L_{pp} = 92.200 \text{ m}$$

$$B = 18.500 \text{ m}$$

$$H = 5.200 \text{ m}$$

$$\nabla_A = \nabla_{\text{Superstructure}} = 1005.223 \text{ m}^3$$

$$\nabla_{DH} = \nabla_{\text{Deckhouse}} = 1506.487 \text{ m}^3$$

$$LCB (\%) = 0.971$$

Perhitungan :

### **KG**

$$C_{KG} = 0.64 \rightarrow \text{koefisien titik berat}$$

$$\begin{aligned} KG &= C_{KG} \cdot D_A = C_{KG} \cdot D + \frac{\nabla_A + \nabla_{DH}}{L_{pp} \cdot B} \\ &= 4.801 \text{ m} \end{aligned}$$

### **LCG dari midship**

$$\text{dalam \%L} = -0.15 + LCB$$

$$= 0.821 \%$$

$$\text{dalam m} = LCG(\%) \cdot L$$

$$= 0.757 \text{ m}$$

### **LCG dari FP**

$$LCG_{FP} = 0.5 \cdot L + LCG \text{ dr midship}$$

$$= 41.325 \text{ m}$$

**Consumable and Crew Calculation**  
 Chapter 11 Parametric Design : Michael G. Parsons  
 Lecture of Ship Design and Ship Theory : Herald Poehls ]

Input Data :

L =	92.200	m	Vs =	12 knot =	6.1728	m/s
B =	18.500	m	PB =	1600 kW =	2145.634974	HP
H =	5.200	m				
T =	3.750	m				

Perhitungan :

Consumable :

• **Jumlah Crew**

$C_{st} = 1.3$  (Coef steward dept 1,2 - 1.33)  
 $C_{dk} = 11.5$  (Coef deck dept. 11,5 - 14,5)  
 $C_{eng} = 9$  (Coef engine dept 8,5 - 11,00 diesel)  
 $cadet = 2$  (umumnya 2 orang)  
 $Zc = Cst.Cdk.(L.B.H.35/105)1/6 + Ceng.(BHP/105)1/3 + cadet$   
 $= 20.558$  orang  
 $= 21$

• **Crew Weight**

$C_{C\&E} = 0.075$  ton/person  
 $W_{C\&E} = 1.575$  ton

• **Fuel Oil**

$SFR = 0.00019$  ton/kW.hr (0.000184 ton/kW hr untuk diesel engine)  
 $MCR = 1600$  kW  
 $Margin = 0.1$  [1+ (5% ~ 10%)] .WFO  
 $W_{FO} = SFR * MCR * S/Vs * (1+margin)$   
 $= 0.8$  ton  
 $V_{FO} = 0.870$  m3 ; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk Konstruksi dan 2% untuk Ekspansi panas 0.053518 0.107

• **Diesel Oil**

$C_{DO} = 0.15$  Diktat Pak Made IGM Santoso hal.38 (0.1-0.2)  
 $W_{DO} = 0.1305$  ton ; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk koreksi dengan  $\pi = 0.85$   
 $V_{DO} = 0.1508$  m3

• **Lubrication Oil**

$SFR = 3.5E-06$  ton/kW.hr ; Diktat IGM Santosa Penambahan 2% untuk Konstruksi dan 2% untuk Ekspansi panas dengan  $\pi = 0.90$   
 $MCR = 1600$  kW  
 $Margin = 0.1$   
 $WLO = SFR * MCR * S/Vs * margin$   
 $W_{LO} = 0.014$  ton  
 $V_{LO} = 0.016$  m3

• **Fresh Water**

$range = 50020$  m  
 $Vs = 6.1728$  m/s  
 $day = 0.542$   
 $W_{FW\ tot} = 0.17$  ton/(person.day)  
 $= 1.893$  ton  
 $\rho_{fw} = 1$  ton/m3  
 $V_{FW} = 1.969$  m3

• **Dirty Water Tank**

$Weight = 1.000$  ton  
 $Volume = 1.000$  m3

• **Dirty Oil Tank**

$Weight = 0.900$  m3  
 $Volume = 1.000$  m3

• **Provision and Store**

$W_{PR} = 0.01$  ton/(person.day)  
 $= 0.111$  ton

**Wconsumable = 6.376 ton**

Perhitungan Titik Berat Consumable dan Crew

LKM = 5 + L(panjang mesin induk) + 1	= 14.070	m
(panjang ceruk buritan) LCb	= 5.40	m
(panjang ceruk haluan) LCH	= 9.705	m

**Dimensi ruang akomodasi**

$$L_{rm} = L_{pp} - (L_{cb} + L_{ch} + L_{km}) = 63.025 \text{ m}$$

**• Poop**

Lp = 16.80 m  
hp = 2.4 m  
LCH = 9.71 m

**• Layer II**

h II = 2.4 m  
Ld II = 16.80 m

**• Layer III**

h III = 2.4 m  
Ld III = 0.00 m

**• Main Deck**

Lp = 25% \* L = 23.05 m  
hp = 2.4 m

**• Wheel House**

h IV = 2.4 m  
Ld IV = 11.40 m

**• Layer IV**

h IV = 2.4 m  
Ld IV = 11.40 m

**Berat crew per layer**

W<sub>C&E maindeck</sub> = 2.04 ton  
W<sub>C&E poop</sub> = 0.00 ton  
W<sub>C&E II</sub> = 1.70 ton  
W<sub>C&E III</sub> = 0.51 ton  
W<sub>C&E IV</sub> = 0.00 ton

**Titik berat crew****• KG**

KG m = H + 0,5 \* hmaindeck = 6.400 m  
KG m = H + hm + 0,5 \* hPoop = 8.8  
KG II = H + hmaindeck + hpoop + 0,5hll = 11.200 m  
KG III = H + hm + hp + hl + 0,5hlll = 13.800 m  
KG IV = H + hm + hp + hl + hll + 0,5hIV = 16.400 m

**• LCG**

LCG m = 0,5Lm + Lrm + Lch = 93.960 m  
LCG p = 0,5Lp + Lrm + Lch = 90.835 m  
LCG II = 0,5Ld II + Lrm + Lch = 81.130 m  
LCG III = .d III + Lrm + Lch = 82.435 m  
LCG IV = .d IV + Lrm + Lch = 88.135 m

**• Titik berat**

KG = 9.208 m  
LCG = 87.445 m

**Titik berat air tawar****• Dimensi tangki**

T<sub>FW</sub> = H - T = 2.400 m  
B<sub>FW</sub> = 65% B = 0.600 m  
P<sub>FW</sub> = V<sub>FW</sub> / (t<sub>FW</sub> \* h<sub>FW</sub>) = 1.200 m

**• Titik berat**

KG<sub>FW</sub> = T + 0,5t<sub>FW</sub> = 4.950 m  
LCG<sub>FW</sub> = 75.730 m

**Titik berat lubrication oil****• Dimensi tangki**

t<sub>LO</sub> = 1.490 m  
B<sub>LO</sub> = 50% B = 0.006 m  
P<sub>LO</sub> = 0.600 m

**• Titik berat**

KG<sub>LO</sub> = 8.545 m  
LCG<sub>LO</sub> = 79.030 m

**Titik berat diesel oil****• Dimensi tangki**

t<sub>DO</sub> = h<sub>db</sub> = 0.008 m  
B<sub>DO</sub> = 65% B = 3.000 m  
P<sub>DO</sub> = 6 m

**• Titik berat**

KG<sub>DO</sub> = 7.804 m  
LCG<sub>DO</sub> = 75.730 m  
h = 7,8 pada tween deck

**Titik berat fuel oil****• Dimensi tangki**

t<sub>FO</sub> = 2.400 m  
B<sub>FO</sub> = 0.300 m  
L<sub>FO</sub> = 1.200 m

**• Titik berat**

KG<sub>FO</sub> = 9.000 m  
LCG<sub>FO</sub> = 59.530 m

**Dirty Water Tank****• Dimensi tangki**

t = 1.490  
B = 0.373  
L = 1.800

**• Titik berat**

KG<sub>FO</sub> = 0.745 m  
LCG<sub>FO</sub> = 78.430 m

**Dirty Oil Tank****• Dimensi tangki**

t = 1.400  
B = 0.330  
L = 1.800

**• Titik berat**

KG<sub>FO</sub> = 0.700 m  
LCG<sub>FO</sub> = 74.530 m

**Titik berat consumable**

KG = 7.281 m  
LCG dr FP = 76.995 m

## Equipment and Outfitting Calculation

[ Reference : Ship Design Efficiency and Economy , 1998 ]

### Input Data :

L = 92.200 m  
B = 18.500 m  
H = 5.200 m

### Grup III (Accommodation)

The specific volumetric and unit area weights are:

For small and medium sized cargo ship 160 – 170 kg/m<sup>2</sup>

For large cargo ships, large tanker, etc 180 – 200 kg/m<sup>2</sup>

Therefore, for boat, it is used 195 kg/m<sup>2</sup>

#### • POOP

L<sub>poop</sub> = 16.800 m  
B<sub>poop</sub> = 18.500 m  
A<sub>poop</sub> = 310.800 m<sup>2</sup>  
W<sub>poop</sub> = 60.606 ton

#### • FORECASTLE

L<sub>forecastle</sub> = 12.9324 m  
B<sub>forecastle</sub> = 16.7089 m  
A<sub>forecastle</sub> = 216.0862 m<sup>2</sup>  
W<sub>forecastle</sub> = 42.137 ton  
LCG<sub>forecastle</sub> = 85.7338

#### • DECKHOUSE

##### Layer II

L<sub>DHII</sub> = 16.800 m  
B<sub>DHII</sub> = 18.500 m  
A<sub>DHII</sub> = 310.800 m<sup>2</sup>  
W<sub>DHII</sub> = 60.606 ton

##### Layer III

L<sub>DHIII</sub> = 0.000 m  
B<sub>DHIII</sub> = 18.500 m  
A<sub>DHIII</sub> = 0.000 m<sup>2</sup>  
W<sub>DHIII</sub> = 0.000 ton

#### Wheel House

L<sub>WH</sub> = 11.400 m  
B<sub>WH</sub> = 9.299 m  
A<sub>WH</sub> = 106.003 m<sup>2</sup>  
W<sub>WH</sub> = 20.671 ton

#### Layer IV

L<sub>DHIV</sub> = 11.400 m  
B<sub>DHIV</sub> = 18.500 m  
A<sub>DHIV</sub> = 210.900 m<sup>2</sup>  
W<sub>DHIV</sub> = 41.126 ton

W<sub>Group III</sub> = 183.008 ton

### Grup IV (Miscellaneous)

C = (0.18 ton / m<sup>2</sup> < C < 0.26 ton / m<sup>2</sup>)  
= 0.25 [ton/m<sup>2</sup>]

W<sub>Group IV</sub> = (L\*B\*D)<sup>2/3</sup> \* C  
= 107.122 [ton]

### Equipment and Outfitting Total Weight

= 290.130 [ton]

### Outfit Weight Center Estimation

$$D_A = 6.673 \text{ m}$$

$$\begin{aligned} KG_{E\&O} &= 1.02-1.08D_A \\ &= 7.006 \text{ m} \end{aligned}$$

#### 1. $LCG_1$ (25% $W_{E\&O}$ at $LCG_M$ )

$$25\% W_{E\&O} = 72.532$$

$$L_{cb} = 4.610$$

$$LCG_M \text{ dr FP} = 82.590$$

$$LCG_M = -36.490$$

$$L_{km} = 14.070$$

#### Layer II

$$L_{DHII} = 16.800$$

$$W_{DHII} = 60.606$$

$$\begin{aligned} LCG_I &= [0,5 \cdot L + (L_{km} + L_{cb}) + 0,5 \cdot l_{deck}] \\ &= -35.820 \end{aligned}$$

#### Layer III

$$L_{DHIII} = 0.000$$

$$W_{DHIII} = 0.000$$

$$LCG_{II} = -27.420$$

#### Layer IV

$$L_{DHIV} = 11.400$$

$$W_{DHIV} = 41.126$$

$$LCG_{IIIII} = -33.120$$

#### Wheelhouse

$$L_{WH} = 11.400$$

$$W_{WH} = 20.671$$

$$LCG_{IV} = -33.120$$

#### 2. $LCG_2$ (37,5% $W_{E\&O}$ at $LCG_{DH}$ )

$$37.5\% W_{E\&O} = 108.799$$

$$LCG_{dh} = -34.457$$

#### 3. $LCG_3$ (37,5% $W_{E\&O}$ at midship)

$$37.5\% W_{E\&O} = 108.799$$

$$\text{midship} = 0$$

$$LCG_{E\&O} \text{ (LCG di belakang midship)}$$

$$= -22.04 \text{ m}$$

$$LCG_{E\&O} \text{ (dari FP)}$$

$$= 68.14 \text{ m}$$

## Total Weight and Total Centers Estimation

### 1. Light Weight Tonnes (LWT)

#### • Steel Weight

$W_{ST} =$	1218.176	ton
$KG =$	4.801	m
LCG dr FP=	41.325	m

#### • Equipment & Outfitting Weight

$W_{E\&O} =$	290.130	ton
$KG_{E\&O} =$	7.006	m
LCG dr FP=	68.144	m

#### • Machinery Weight

$W_M =$	93.441	ton
$KG =$	781.820	m
LCG dr FP=	82.590	m

**Total LWT=** 1601.747 ton

### 2. Dead Weight Tonnes (DWT)

#### • Consumable Weight

$W_{consum} =$	6.376	ton
$KG =$	7.281	m
LCG dr FP=	76.995	m

#### • Payload

$W_{payload} =$	3080	ton
$KG = (H-H_{db}) \cdot 0,5 + H_{db}$		
	$= (11,412 - 1,214) \cdot 0,5 + 1,215$	
	$= 602.600$	m
LCG dr FP=	$0,51 \cdot LRM + Lch$	
	$= 0,51 \cdot 87 + 13,524$	m
	$= 44.369$	m

**Total DWT=** 3086.376399 ton

### Total Weight

Total weight = LWT + DWT =		
	4688.124	ton
KG Total =	413.17	m
LCG Total (dr FP) =	45.86	m
displasemen=	5197.4572	

Margin 9.79967% **Accepted**



## Stabilitas pada Loadcase 100%

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	0 deg	0		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	angle of vanishing stability	126.7 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3.1513 m.deg	59.33	Pass	1782.71
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	0 deg	0		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40 deg	40		
	first downflooding angle	n/a deg			
	angle of vanishing stability	126.7 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5.1566 m.deg	92.1307	Pass	1686.66
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40 deg	40		
	first downflooding angle	n/a deg			
	angle of vanishing stability	126.7 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1.7189 m.deg	32.8008	Pass	1808.24
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater			Pass	
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90 deg			
	angle of max. GZ	42.7 deg	42.7		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0.2 m	3.352	Pass	1576
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs	deg	42.7		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ			Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25 deg	42.7	Pass	70.91
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMT			Pass	
	spec. heel angle	0 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0.15 m	8.882	Pass	5821.33
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium			Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$				
	number of passengers: $n_{Pass}$ =	0			
	passenger mass: $M$ =	0.075 tonne			
	distance from centre line: $D$ =	0 m			
	cosine power: $n$ =	0			
	shall not be greater than ( $\leq$ )	10 deg	0	Pass	100
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude	m	0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium			Pass	
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$				
	constant: $a$ =	0.9996			
	vessel speed: $v$ =	0 kn			
	turn radius, $R$ , as percentage of $Lwl$	510 %			
	$h$ = KG - mean draft / 2	0.192 m			
	cosine power: $n$ =	0			
	shall not be greater than ( $\leq$ )	10 deg	0	Pass	100
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude	m	0		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0.99966			
	wind pressure: $P =$	504 Pa			
	area centroid height (from zero point)	6 m			
	additional area: $A =$	50 m <sup>2</sup>			
	$H =$ vert. centre of projected lat. u.v	4.31 m			
	cosine power: $n =$	0			
	gust ratio	1.5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (w	25.0 (-25.0) deg		-25	
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
	spec. heel angle	50 deg		50	
	first downflooding angle	n/a deg			
	angle of vanishing stability (with gust)	126.5 deg			
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	42.7 deg		42.7	
	Select required angle for angle of immersion				
	Criteria:			Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than	16 deg		0	99.79
	Angle of steady heel / Deck edge immersion	80 %		0.34	99.58
	Area1 / Area2 shall not be less than	100 %		285.01	185.01
	Intermediate values				
	Model windage area	m <sup>2</sup>		164.308	
	Model windage area centroid height (from zero point)	m		7.064	
	Total windage area	m <sup>2</sup>		214.308	
	Total windage area centroid height (from zero point)	m		6.816	
	Heel arm amplitude	m		0.006	
	Equilibrium angle with steady heel arm	deg		0	
	Equilibrium angle with gust heel arm	deg		0.1	
	Deck edge immersion angle	deg		10	
	Area1 (under GZ), from 0.1 to 50.0 deg.	m.deg		125.5417	
	Area1 (under HA), from 0.1 to 50.0 deg.	m.deg		0.4207	
	Area1, from 0.1 to 50.0 deg.	m.deg		125.121	
	Area2 (under GZ), from -25.0 to 0.1 deg.	m.deg		-43.6905	
	Area2 (under HA), from -25.0 to 0.1 deg.	m.deg		0.2107	
	Area2, from -25.0 to 0.1 deg.	m.deg		43.9012	

## Stabilitas pada Loadcase 50%

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	0 deg	0		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	angle of vanishing stability	118.4 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3.1513 m.deg	47.4825	Pass	1406.76
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	0 deg	0		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40 deg	40		
	first downflooding angle	n/a			
	angle of vanishing stability	118.4 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5.1566 m.deg	72.1171	Pass	1298.54
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40 deg	40		
	first downflooding angle	n/a			
	angle of vanishing stability	118.4 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1.7189 m.deg	24.6345	Pass	1333.16
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater			Pass	
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90 deg			
	angle of max. GZ	39.1 deg	39.1		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0.2 m	2.489	Pass	1144.5
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs	deg	39.1		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ			Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25 deg	39.1	Pass	56.36
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt			Pass	
	spec. heel angle	0 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0.15 m	7.696	Pass	5030.67
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium			Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{Pass} M / \text{disp. } D \cos^n(\phi)$				
	number of passengers: $n_{Pass}$ =	0			
	passenger mass: $M$ =	0.075 tonne			
	distance from centre line: $D$ =	0 m			
	cosine power: $n$ =	0			
	shall not be greater than ( $\leq$ )	10 deg	0	Pass	99.99
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude	m	0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium			Pass	
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$				
	constant: $a$ =	0.9996			
	vessel speed: $v$ =	0 kn			
	turn radius, $R$ , as percentage of $Lwl$	510 %			
	$h$ = $KG$ - mean draft / 2	0.023 m			
	cosine power: $n$ =	0			
	shall not be greater than ( $\leq$ )	10 deg	0	Pass	99.99
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude	m	0		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0.99966			
	wind pressure: P =	504 Pa			
	area centroid height (from zero point)	6 m			
	additional area: A =	50 m <sup>2</sup>			
	H = vert. centre of projected lat. u'wa	4.464 m			
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1.5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium (with 25.0 (-25.0)	deg	-25		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
	spec. heel angle	50 deg	50		
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability (with gust)	118.3 deg			
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	39.1 deg	39.1		
	Select required angle for angle of steady heel	DeckEdgeImmersionAngle			
	Criteria:			Pass	
	Angle of steady heel shall not be greater than	16 deg	0	Pass	99.81
	Angle of steady heel / Deck edge immersion angle shall not be less than	80 %	0.37	Pass	99.54
	Area1 / Area2 shall not be less than	100 %	269.76	Pass	169.76
	Intermediate values				
	Model windage area	m <sup>2</sup>	136.38		
	Model windage area centroid height (from zero point)	m	7.232		
	Total windage area	m <sup>2</sup>	186.38		
	Total windage area centroid height (from zero point)	m	6.901		
	Heel arm amplitude	m	0.004		
	Equilibrium angle with steady heel arm	deg	0		
	Equilibrium angle with gust heel arm	deg	0		
	Deck edge immersion angle	deg	8.1		
	Area1 (under GZ), from 0.0 to 50.0 deg.	m.deg	96.7201		
	Area1 (under HA), from 0.0 to 50.0 deg.	m.deg	0.3259		
	Area1, from 0.0 to 50.0 deg.	m.deg	96.3941		
	Area2 (under GZ), from -25.0 to 0.0 deg.	m.deg	-35.5696		
	Area2 (under HA), from -25.0 to 0.0 deg.	m.deg	0.1632		
	Area2, from -25.0 to 0.0 deg.	m.deg	35.7328		

## Stabilitas pada Loadcase 10%

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 30			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	0 deg	0		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	angle of vanishing stability	114.6 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	3.1513 m.deg	52.7863	Pass	1575.06
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 0 to 40			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	0 deg	0		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40 deg	40		
	first downflooding angle	n/a			
	angle of vanishing stability	114.6 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	5.1566 m.deg	80.758	Pass	1466.11
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.1: Area 30 to 40			Pass	
	from the greater of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	40 deg	40		
	first downflooding angle	n/a			
	angle of vanishing stability	114.6 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	1.7189 m.deg	27.9717	Pass	1527.3
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.2: Max GZ at 30 or greater			Pass	
	in the range from the greater of				
	spec. heel angle	30 deg	30		
	to the lesser of				
	spec. heel angle	90 deg			
	angle of max. GZ	37.3 deg	37.3		
	shall not be less than ( $\geq$ )	0.2 m	2.813	Pass	1306.5
	Intermediate values				
	angle at which this GZ occurs	deg	37.3		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.3: Angle of maximum GZ			Pass	
	shall not be less than ( $\geq$ )	25 deg	37.3	Pass	49.09
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.4: Initial GMt			Pass	
	spec. heel angle	0 deg			
	shall not be less than ( $\geq$ )	0.15 m	8.056	Pass	5270.67
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.5: Passenger crowding: angle of equilibrium			Pass	
	Pass. crowding arm = $n_{\text{Pass}} M / \text{disp.} \cdot D \cos^n(\phi)$				
	number of passengers: $n_{\text{Pass}} =$	0			
	passenger mass: $M =$	0.075 tonne			
	distance from centre line: $D =$	0 m			
	cosine power: $n =$	0			
	shall not be greater than ( $\leq$ )	10 deg	0	Pass	100
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude	m	0		
A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.1.2.6: Turn: angle of equilibrium			Pass	
	Turn arm: $a v^2 / (R g) h \cos^n(\phi)$				
	constant: $a =$	0.9996			
	vessel speed: $v =$	0 kn			
	turn radius, $R$ , as percentage of	510 %			
	$h = KG - \text{mean draft} / 2$	0.149 m			
	cosine power: $n =$	0			
	shall not be greater than ( $\leq$ )	10 deg	0	Pass	100
	Intermediate values				
	Heel arm amplitude	m	0		

A.749(18) Ch3 - Design criteria applicable to all ships	3.2.2: Severe wind and rolling			Pass	
	Wind arm: $a P A (h - H) / (g \text{ disp.}) \cos^n(\phi)$				
	constant: a =	0.99966			
	wind pressure: P =	504 Pa			
	area centroid height (from zero	6 m			
	additional area: A =	50 m <sup>2</sup>			
	H = vert. centre of projected lat.	4.324 m			
	cosine power: n =	0			
	gust ratio	1.5			
	Area2 integrated to the lesser of				
	roll back angle from equilibrium 25.0 (-25.0)	deg	-25		
	Area 1 upper integration range, to the lesser of:				
	spec. heel angle	50 deg	50		
	first downflooding angle	n/a	deg		
	angle of vanishing stability (wit	114.4 deg			
	Angle for GZ(max) in GZ ratio, the lesser of:				
	angle of max. GZ	37.3 deg	37.3		
	Select required angle for angle	DeckEdgeImmersionAngle			
	Criteria:		Pass		
	Angle of steady heel shall not b	16 deg	0	Pass	99.77
	Angle of steady heel / Deck edge	80 %	0.37	Pass	99.54
	Area1 / Area2 shall not be less t	100 %	274.27	Pass	174.27
	Intermediate values				
	Model windage area	m <sup>2</sup>	161.803		
	Model windage area centroid height (from zero point)	m	7.079		
	Total windage area	m <sup>2</sup>	211.803		
	Total windage area centroid height (from zero point)	m	6.824		
	Heel arm amplitude	m	0.005		
	Equilibrium angle with steady heel arm	deg	0		
	Equilibrium angle with gust heel arm	deg	0.1		
	Deck edge immersion angle	deg	9.8		
	Area1 (under GZ), from 0.1 to 50.0 deg.	m.deg	108.3264		
	Area1 (under HA), from 0.1 to 50.0 deg.	m.deg	0.4115		
	Area1, from 0.1 to 50.0 deg.	m.deg	107.9149		
	Area2 (under GZ), from -25.0 to 0.1 deg.	m.deg	-39.1402		
	Area2 (under HA), from -25.0 to 0.1 deg.	m.deg	0.2061		
	Area2, from -25.0 to 0.1 deg.	m.deg	39.3464		

No	10%			50%			100%		
Item									
Draft Amidships m	6.12			Draft Amidships m	6.398		Draft Amidships m	6.092	
Displacement t	4954			Displacement t	5365		Displacement t	4913	
Heel deg	0			Heel deg	0		Heel deg	0	
Draft at FP m	6.106			Draft at FP m	6.356		Draft at FP m	6.088	
Draft at AP m	6.133			Draft at AP m	6.439		Draft at AP m	6.096	
Draft at LCF m	6.119			Draft at LCF m	6.396		Draft at LCF m	6.092	
Trim (+ve by stern) m	0.027			Trim (+ve by stern) m	0.083		Trim (+ve by stern) m	0.009	
WL Length m	96.936			WL Length m	97.035		WL Length m	96.93	
Beam max extents on WL m	18.5			Beam max extents on WL m	18.5		Beam max extents on WL m	18.5	
Wetted Area m^2	1901.44			Wetted Area m^2	1955.443		Wetted Area m^2	1895.694	
Waterpl. Area m^2	1440.638			Waterpl. Area m^2	1455.564		Waterpl. Area m^2	1439.263	
Prismatic coeff. (Cp)	0.771			Prismatic coeff. (Cp)	0.77		Prismatic coeff. (Cp)	0.772	
Block coeff. (Cb)	0.744			Block coeff. (Cb)	0.743		Block coeff. (Cb)	0.745	
Max Sect. area coeff. (Cm)	0.966			Max Sect. area coeff. (Cm)	0.969		Max Sect. area coeff. (Cm)	0.966	
Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.803			Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.811		Waterpl. area coeff. (Cwp)	0.803	
LCB from zero pt. (+ve fwd) m	50.376			LCB from zero pt. (+ve fwd) m	50.229		LCB from zero pt. (+ve fwd) m	50.411	
LCF from zero pt. (+ve fwd) m	49.702			LCF from zero pt. (+ve fwd) m	49.404		LCF from zero pt. (+ve fwd) m	49.731	
KB m	4.371			KB m	4.516		KB m	4.357	
KG fluid m	4.024			KG fluid m	4.026		KG fluid m	3.238	
BMT m	7.709			BMT m	7.205		BMT m	7.763	
BML m	156.036			BML m	148.409		BML m	156.887	
GMt corrected m	8.056			GMt corrected m	7.696		GMt corrected m	8.883	
GML m	156.383			GML m	148.899		GML m	158.006	
KMt m	12.08			KMt m	11.721		KMt m	12.12	
KML m	160.408			KML m	152.925		KML m	161.244	
Immersion (TPc) tonne/cm	14.767			Immersion (TPc) tonne/cm	14.92		Immersion (TPc) tonne/cm	14.752	
MTc tonne.m	80.826			MTc tonne.m	83.345		MTc tonne.m	81	
RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	696.458			RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	720.507		RM at 1deg = GMt.Disp.sin(1) tonne.m	761.669	
Max deck inclination deg	0.0159			Max deck inclination deg	0.0494		Max deck inclination deg	0.0052	
Trim angle (+ve by stern) deg	0.0159			Trim angle (+ve by stern) deg	0.0494		Trim angle (+ve by stern) deg	0.0052	

	(tebal pelat lambung = 14 mm, jenis material = baja)		
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2016 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
	Harga	674.51	USD/ton
	Berat hull	417.62	ton
	Harga Lambung Kapal (hull)	281688.87	USD
2	<b>Geladak Kapal (deck)</b>		
	(tebal pelat geladak = 11 mm, jenis material = baja)		
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2016 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
	Harga	674.51	USD/ton
	Berat geladak	111.26	ton
	Harga Lambung Kapal (deck)	75047.84	USD
3	<b>Konstruksi Lambung</b>		
	Sumber: Krakatau Steel (Persero) Historical Price, per 1 Januari 2016 (http://www.krakatausteel.com/?page=viewnews&action=view&id=1890)		
	Harga	674.51	USD/ton
	Berat konstruksi	104.405	ton
	Harga Konsruksi Lambung	70422.2	USD
4	<b>Elektroda</b>		
	(diasumsikan 6% untuk elektroda)		
	Sumber: Watson		
	Harga	2526	USD/ton
	Berat baja kapal total (hull, deck, konst)	37.997	ton
	Harga Total	95981	USD
	<b>Total Harga Baja Kapal</b>	<b>523140</b>	<b>USD</b>

No	Item	Value	Unit
1	<b>Railing dan Tiang Penyangga</b>		
	<i>(pipa aluminium <math>d = 50\text{ mm}</math>, <math>t = 3\text{ mm}</math>)</i>		
	<i>Sumber: <a href="http://www.metaldepot.com">www.metaldepot.com</a></i>		
	Harga	35.00	USD/m
	Panjang railing dan tiang penyangga	367.13	m
	Harga Railing dan Tiang Penyangga	12,850	USD
2	<b><i>Floats</i></b>		
	<i>(diameter = 5 m, berbahan FRP)</i>		
	<i>Sumber: <a href="http://www.google.com">www.google.com</a></i>		
	Harga	9,876.5	USD/Unit
	Jumlah	20	unit
		197,531	USD
4	<b>Baterai</b>		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	<i>Sumber: <a href="http://www.alibaba.com">www.alibaba.com</a></i>		



5	Harga	1,200.0	USD/Unit
	Jumlah	18	unit
		21,600	USD
	<b>Inverter</b>		
	<i>(Daya = 2000 kW)</i>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Harga	149.7	USD/Unit
4	Jumlah	4	unit
		599	USD
	<b>Kabel</b>		
	<i>Sumber: www.alibaba.com</i>		
	Jumlah	50	unit
5	Harga per unit	2	USD
	Harga Kabel	94	USD
	<b>Jangkar</b>		
	Jumlah	2	unit
6	Harga per unit	1,000	USD
	Harga jangkar	2,000	USD
	<b>Peralatan Navigasi &amp; Komunikasi</b>		
	<b>a. Peralatan Navigasi</b>		
	<b>Radar</b>	2,600	USD
	<b>Kompas</b>	60	USD
	<b>GPS</b>	850	USD
	<b>Lampu Navigasi</b>		
	- Masthead Light	9.8	USD
	- Anchor Light	8.9	USD
	- Starboard Light	12	USD
	- Portside Light	12	USD
	<b>Simplified Voyage Data Recorder (S-VDR)</b>	17,500	USD
	<b>Automatic Identification System (AIS)</b>	4,500	USD
	<b>Telescope Binocular</b>	60	USD
	Harga Peralatan Navigasi	<b>25,613</b>	
	<b>b. Peralatan Komunikasi</b>		
	<b>Radiotelephone</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	172	USD
	Harga total	<b>172</b>	USD
	<b>Digital Selective Calling (DSC)</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	186	USD

	Harga total	<b>186</b>	USD
	<b><i>Navigational Telex (Navtex)</i></b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	12,500	USD
	Harga total	<b>12,500</b>	USD
	<b>EPIRB</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	110	USD
	Harga total	<b>110</b>	USD
	<b>SART</b>		
	Jumlah	2	Set
	Harga per set	450	USD
	Harga total	<b>900</b>	USD
	<b>SSAS</b>		
	Jumlah	1	Set
	Harga per set	19,500	USD
	Harga total	<b>19,500</b>	USD
	<b><i>Portable 2-way VHF Radiotelephone</i></b>		
	Jumlah	2	Unit
	Harga per unit	87	USD
	Harga total	<b>174</b>	USD
	Harga Peralatan Komunikasi	<b>33,542</b>	USD
<b>7</b>	<b>Freefall Lifeboat</b>		
	Jumlah	<b>1</b>	Unit
	Harga per unit	<b>30,000</b>	USD
	Harga total	<b>30,000</b>	USD
<b>8</b>	<b>Lifeboat</b>		
	Jumlah	<b>2</b>	Unit
	Harga per unit	<b>20,000</b>	USD
	Harga total	<b>40,000</b>	USD
<b>9</b>	<b>Tali Tambat</b>		
	Jumlah	<b>2</b>	Unit
	Harga per unit	<b>405</b>	USD
	Harga total	<b>810</b>	USD
<b>10</b>	<b><i>Side Scuttle</i></b>		
	Jumlah	<b>12</b>	Unit
	Harga per unit	<b>192</b>	USD
	Harga total	<b>2,304</b>	USD
<b>11</b>	<b>Pintu Kedap</b>		

	Jumlah	8	Unit
	Harga per unit	450	USD
	Harga total	3,600	USD
12	<b>Lifebuoy</b>		
	Jumlah	4	Unit
	Harga per unit	20	USD
	Harga total	80	USD
<b>Total Harga Equipment &amp; Outfitting</b>		<b>370622</b>	<b>USD</b>

No	Item	Value	Unit
1	<b>Mesin</b>		
	<i>(Wartsila)</i>		
	Jumlah	1	unit
	Harga per unit	850000	USD/unit
	Harga engine	850000	USD
2	<b>Komponen Kelistrikan</b>		
	Power Control Unit	599	USD
	ACOS	412	USD
	AC/DC Inverter	150	USD
	Saklar, kabel, dll	100	USD
	Fuel Cell Stack	1,400	
	Harga Komponen Kelistrikan	2,660	USD
3	<b>Genset</b>		
	<i>(1 unit Genset)</i>		
	Jumlah Genset	2	unit
	Harga per unit	170000	USD/unit
	Shipping Cost	500	USD
	Harga Genset	340500	USD
<b>Total Harga tenaga penggerak</b>		<b>1193160</b>	<b>USD</b>

<b>Biaya Pembangunan</b>			
No	Item	Value	Unit
1	Baja Kapal & Elektroda	523140	USD
2	Equipment	370622	USD
3	Tenaga Penggerak	1193160	USD
<b>Total Harga (USD)</b>		<b>2086922</b>	<b>USD</b>
<b>Kurs Rp - USD (per 28 mei 2017, BI)</b>		<b>13361</b>	<b>Rp/USD</b>
<b>Total Harga (Rupiah)</b>		<b>27,883,359,762</b>	<b>Rp</b>

### Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi dan Kebijakan Pemerintah

sumber: Tugas Akhir "Studi Perancangan Trash-Skimmer Boat Di Perairan Teluk Jakarta", 2012

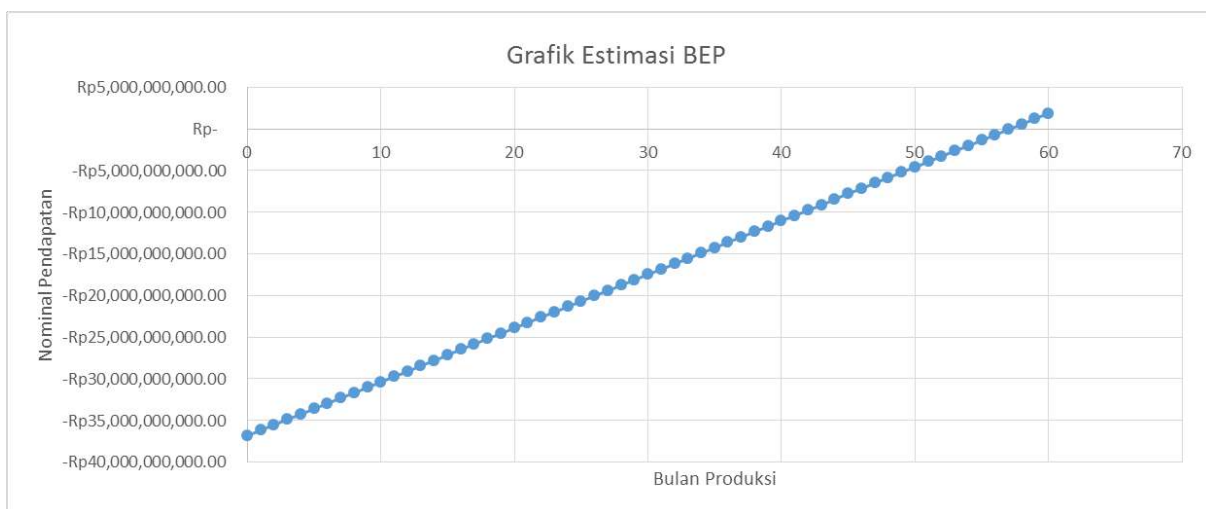
No	Item	Value	Unit
1	<b>Keuntungan Galangan</b>		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Keuntungan Galangan	2,788,335,976	Rp
2	<b>Biaya Untuk Inflasi</b>		
	<i>2% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Inflasi	557,667,195.24	Rp
3	<b>Biaya Pajak Pemerintah</b>		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
	Biaya Dukungan Pemerintah	2,788,335,976.22	Rp
4	<b>Non-Weight Cost</b>		
	<i>10% dari biaya pembangunan awal</i>		
		2,788,335,976.22	
<b>Total Biaya Koreksi Keadaan Ekonomi</b>		<b>6,134,339,147.68</b>	<b>Rp</b>

$$\begin{aligned}
&= \text{Biaya Pembangunan} + \text{Profit Galangan} + \text{Biaya Inflasi} + \text{Bantuan Pemerintah} + \text{Non-Weight Cost} \\
&= 27,883,359,762 + 2,788,335,976 + 557,667,195 + 2,788,335,976 \\
&= \text{Rp} \quad \quad \quad \mathbf{36,806,034,886.11}
\end{aligned}$$

I. Biaya Investasi								
Estimasi biaya pembangunan kapal :				Rp	36,806,034,886			
II. Gaji Pekerja								
No	Item	Person	monthly payment (Rp)/person	Annual payment (Rp)/person	monthly payment (Rp)	Annual payment (Rp)		
1	Chief Cook	1	8,000,000.00	96,000,000.00	8,000,000.00	96,000,000.00		
2	Assist Cook	1	3,000,000.00	36,000,000.00	3,000,000.00	36,000,000.00		
3	Chief Officer	1	27,000,000.00	324,000,000.00	27,000,000.00	324,000,000.00		
4	Power Plant Engineer	2	20,000,000.00	240,000,000.00	40,000,000.00	480,000,000.00		
5	Administration	1	3,000,000.00	240,000,000.00	20,000,000.00	240,000,000.00		
7	Seaman	2	3,000,000.00	36,000,000.00	6,000,000.00	72,000,000.00		
8	Floats Operator	2	10,000,000.00	120,000,000.00	20,000,000.00	240,000,000.00		
9	Electrical Engineer	2	20,000,000.00	240,000,000.00	40,000,000.00	480,000,000.00		
10	Mechanical Engineer	2	20,000,000.00	240,000,000.00	40,000,000.00	480,000,000.00		
11	Master/Captain	1	30,000,000.00	360,000,000.00	30,000,000.00	360,000,000.00		
12	Chief Engineer	1	29,000,000.00	348,000,000.00	29,000,000.00	348,000,000.00		
TOTAL				2,280,000,000.00	263,000,000.00	3,156,000,000.00		
				Total 2 Shift	526,000,000.00	6,312,000,000.00		
III BAHAN BAKAR								
Fuel Oil				DIESEL OIL				
Kebutuhan Bahan Bakar 0.87 m3/trip				Kebutuhan Bahan Bakar 0.15 m3/trip				
Harga bahan bakar Rp 5,150,000 per/m3				Harga bahan bakar Rp 5,150,000 per/m3				
Harga bahan bakar Rp 4,479,435.71 per hari				Harga bahan bakar Rp 776,620.00 per hari				
Harga bahan bakar Rp 134,383,071 per bulan				Harga bahan bakar Rp 23,298,600 per bulan				
Harga bahan bakar Rp 1,612,596,857.32 per tahun				Harga bahan bakar Rp 279,583,200.00 per tahun				
LUBRICATION OIL								
Kebutuhan Bahan Bakar 0.016 m3/trip								
Harga bahan bakar Rp 5,150,000 per/m3								
Harga bahan bakar Rp 82,515.92 per hari								
Harga bahan bakar Rp 2,475,478 per bulan								
Harga bahan bakar Rp 29,705,731.58 per tahun								
Biaya Perawatan								
Diasumsikan 10% total dari building cost								
Total maintenance cost Rp 3,680,603,489 per tahun								
Total maintenance cost Rp 306,716,957 per bulan								
Total Out Come per tahun = Rp 8,758,489,277.52								
Total Out Come per bulan = Rp 729,874,106.46								
IN-COME								
					Harga Listrik Rp1,467	Tarif per hari Rp52,822,080	Tarif per bulan Rp1,584,662,400	Tarif per Tahun Rp19,015,948,800
Kebutuhan Listrik di Kota Serui 36000 kWh								
					Total In-Come =	Rp52,822,080	Rp1,584,662,400	Rp19,015,948,800
					Keuntungan Kotor/bulan =	Rp 854,788,293.54		

Pinjaman Bank		
Biaya	Nilai	Unit
Building Cost	36,806,034,886	Rp
Pinjaman dari Bank	65%	
Pinjaman	23,923,922,676	Rp
Bunga Bank	13.5%	Per tahun
Nilai Bunga Bank	3,229,729,561	Per tahun
Masa Pinjaman	4	Tahun
Pembayaran Cicilan Pinjaman	1	Per Tahun
Nilai Cicilan Pinjaman	9,210,710,230	Rp
Biaya Perawatan		
<i>Diasumsikan 10% total dari building cost</i>		
Total maintenance cost	Rp 3,680,603,489	per tahun
Asuransi		
<i>Diasumsikan 2% total dari building cost</i>		
Biaya asuransi	Rp 736,120,698	per tahun
Gaji Komplemen Kapal		
Jumlah komplemen kapal	16	
Gaji komplemen kapal per bulan	Rp 263,000,000	
Gaji komplemen kapal per tahun	Rp 3,156,000,000	
Fuel Oil		
Kebutuhan Bahan Bakar	0.87	m3/trip
Harga bahan bakar	Rp 5,150,000	per/m3
Harga bahan bakar	Rp 4,479,435.71	per hari
Harga bahan bakar	Rp 134,383,071	per bulan
Harga bahan bakar	Rp 1,612,596,857.32	per tahun
OPERATIONAL COST		
Biaya	Nilai	Masa
Cicilan Pinjaman	Rp 9,210,710,230	per tahun
Gaji Komplemen	Rp 3,156,000,000	per tahun
Biaya Perawatan	Rp 3,680,603,489	per tahun
Asuransi	Rp 736,120,698	per tahun
Fuel Oil	Rp 1,612,596,857	per tahun
Total	Rp 18,396,031,274	per tahun

Item	Nominal
Biaya Investasi	Rp 36,806,034,886.11
Modal Bank 70%	Rp 25,764,224,420.27
Hutang perbulan bunga 12.5%	Rp 53,675,467.54
Keuntungan kotor	Rp 1,584,662,400.00
Biaya Operasional (Gaji)	Rp 263,000,000.00
Biaya perawatan	Rp 306,716,957.38
Biaya Takterduga 5 %	Rp 79,233,120.00
Pajak penghasilan Usaha 25%	Rp 237,699,360.00
Keuntungan Bersih	<b>Rp 644,337,495.07</b>



Bulan ke	Nominal	Bulan ke	Nominal	Bulan ke	Nominal
0	-Rp 36,806,034,886	21	-Rp 23,274,947,490	42	-Rp 9,743,860,093
1	-Rp 36,161,697,391	22	-Rp 22,630,609,994	43	-Rp 9,099,522,598
2	-Rp 35,517,359,896	23	-Rp 21,986,272,499	44	-Rp 8,455,185,103
3	-Rp 34,873,022,401	24	-Rp 21,341,935,004	45	-Rp 7,810,847,608
4	-Rp 34,228,684,906	25	-Rp 20,697,597,509	46	-Rp 7,166,510,113
5	-Rp 33,584,347,411	26	-Rp 20,053,260,014	47	-Rp 6,522,172,618
6	-Rp 32,940,009,916	27	-Rp 19,408,922,519	48	-Rp 5,877,835,123
7	-Rp 32,295,672,421	28	-Rp 18,764,585,024	49	-Rp 5,233,497,628
8	-Rp 31,651,334,926	29	-Rp 18,120,247,529	50	-Rp 4,589,160,132
9	-Rp 31,006,997,430	30	-Rp 17,475,910,034	51	-Rp 3,944,822,637
10	-Rp 30,362,659,935	31	-Rp 16,831,572,539	52	-Rp 3,300,485,142
11	-Rp 29,718,322,440	32	-Rp 16,187,235,044	53	-Rp 2,656,147,647
12	-Rp 29,073,984,945	33	-Rp 15,542,897,549	54	-Rp 2,011,810,152
13	-Rp 28,429,647,450	34	-Rp 14,898,560,054	55	-Rp 1,367,472,657
14	-Rp 27,785,309,955	35	-Rp 14,254,222,559	56	-Rp 723,135,162
15	-Rp 27,140,972,460	36	-Rp 13,609,885,063	57	-Rp 78,797,667
16	-Rp 26,496,634,965	37	-Rp 12,965,547,568	58	Rp 565,539,828
17	-Rp 25,852,297,470	38	-Rp 12,321,210,073	59	Rp 1,209,877,323
18	-Rp 25,207,959,975	39	-Rp 11,676,872,578	60	Rp 1,854,214,818
19	-Rp 24,563,622,480	40	-Rp 11,032,535,083		
20	-Rp 23,919,284,985	41	-Rp 10,388,197,588		

**LAMPIRAN B**

**RENCANA GARIS**



[illegible]

**MV. SURYANI**

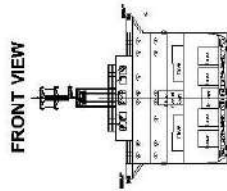
**LINES PLAN**

[illegible]

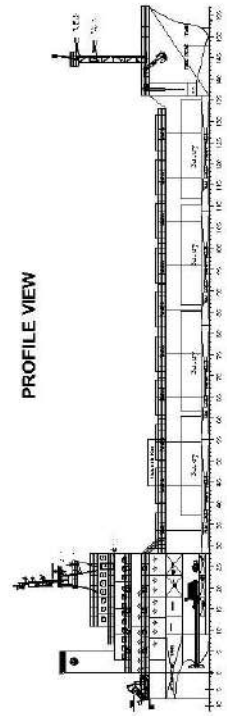
**LAMPIRAN C**

**RENCANA UMUM**

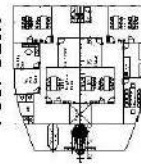
FRONT VIEW



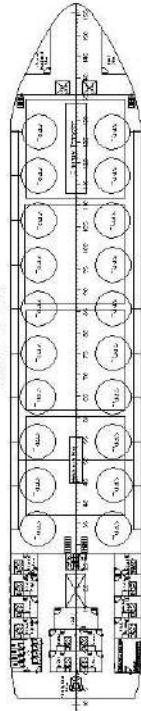
PROFILE VIEW



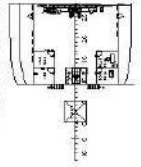
POOP DECK



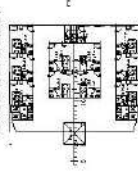
MAIN DECK



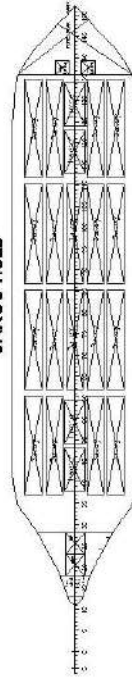
NAVIGATION DECK



BRIDGE DECK



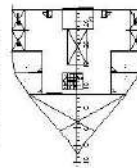
CARGO HOLD



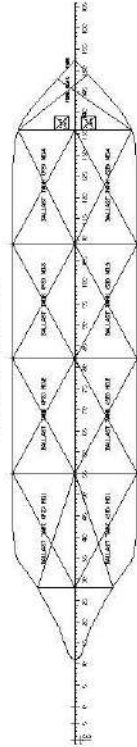
TOP DECK



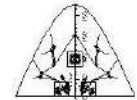
TWEEN DECK




DOUBLE BOTTOM



FORECASTLE DECK



		AT THE OFFICE OF MARITIME AFFAIRS AND FISHERIES GENERAL DIRECTORATE OF MARITIME AFFAIRS GENERAL DIRECTORATE OF MARITIME AFFAIRS	
<b>MV. SURIYANI</b>		<b>GENERAL ARRANGEMENT</b>	
1997-2	1.200	2.742	1.700 TON
2.500 T	2.500 T	08. 07. 2007	17.07.2007
1000 TON	4.000 TON	08. 07. 2007	08. 07. 2007
1000 TON	1000 TON	08. 07. 2007	08. 07. 2007

<b>GENERAL ARRANGEMENT</b>	
1. 1997-2	1.200
2. 2.500 T	2.500 T
3. 1000 TON	1000 TON
4. 1000 TON	1000 TON
5. 1000 TON	1000 TON
6. 1000 TON	1000 TON
7. 1000 TON	1000 TON
8. 1000 TON	1000 TON
9. 1000 TON	1000 TON
10. 1000 TON	1000 TON

**LAMPIRAN D**

**3D MODELING**



## BIODATA PENULIS



Bimo Taufan Devara, itulah nama lengkap penulis. Dilahirkan di Jakarta pada 16 Desember 1994 silam, Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Penulis menempuh pendidikan formal tingkat dasar pada TK Widya Tama (TK A) dan pindah ke TK Bhakti Puspiptek (TK B), kemudian melanjutkan ke SDN Puspiptek, SMPN 8 Tangerang Selatan dan SMAN 2 Tangerang Selatan. Setelah lulus SMA, Penulis diterima di Departemen Teknik Perkapalan FTK ITS pada tahun 2013 melalui jalur SMITS (Seleksi Masuk ITS) atau dikenal dengan Jalur Mandiri.

Di Departemen Teknik Perkapalan, Penulis mengambil Bidang Studi Rekayasa Perkapalan – Desain Kapal. Selama masa studi di ITS, selain kuliah Penulis juga pernah menjadi ketua sub-event Sampanesia pada SAMPAN (Semarak Mahasiswa Perkapalan) 9. Selain itu, Penulis juga aktif dalam kegiatan minat bakat, yaitu karate dan musik.

Email: [devara13@mhs.na.its.ac.id](mailto:devara13@mhs.na.its.ac.id)/ [bimotaufandevara@gmail.com](mailto:bimotaufandevara@gmail.com)